

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TAMARA AKEMI TAKAHASHI

**SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A *Trichogramma atopovirilia* E *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE DOIS  
HOSPEDEIROS NATURAIS**

CURITIBA

2016

TAMARA AKEMI TAKAHASHI

**SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A *Trichogramma atopovirilia* E *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE DOIS  
HOSPEDEIROS NATURAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luís Amilton Foerster

CURITIBA

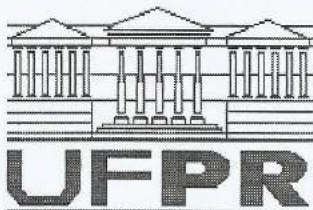
2016

T136 Takahashi, Tamara Akemi  
Seletividade de inseticidas a *Trichogramma atopovirilia*  
e *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)  
em ovos de dois hospedeiros naturais. / Tamara Akemi  
Takahashi. - Curitiba: 2016.  
63 f.

Orientador: Luís Amilton Foerster  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.  
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia – Produção Vegetal.

1. Inseticidas. 2. Parasitoides. 3. Trichogramma. I. Foerster, Luís  
Amilton. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências  
Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção  
Vegetal. III. Título.

CDU 632.95.024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL




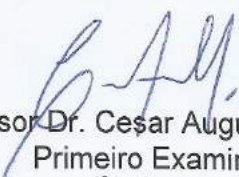
## PARECER

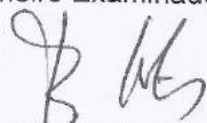
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **TAMARA AKEMI TAKAHASHI**, sob o título **“SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A *Trichogramma atopovirilia* E *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) EM OVOS DE DOIS HOSPEDEIROS NATURAIS”**, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

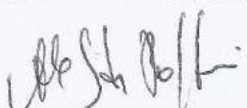
Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação.

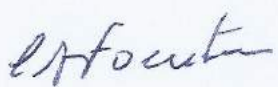
Curitiba, 09 de Dezembro de 2016.

  
Professor Dr. Cícero Deschamps  
Coordenador do Programa

  
Professor Dr. Cesar Augusto Marchioro  
Primeiro Examinador

  
Professor Dr. Bráulio dos Santos  
Segundo Examinador

  
Professor Dr. Alex Sandro Poltronieri  
Terceiro Examinador

  
Professor Dr. Luis Amilton Foerster  
Presidente da Banca e Orientador

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador professor Dr. Luís Amilton Foerster, por ter me aceito no Laboratório de Controle Integrado de Insetos (LCII), pela paciência e dedicação de ter me ensinado tudo que eu sei, e por ter me defendido nos momentos em que precisei;

Ao curso de Pós Graduação em Agronomia - Produção Vegetal pela oportunidade da realização do curso de mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante o período do curso;

Ao professor Dr. Bráulio Santos pela colaboração de ter dedicado o seu tempo coletando exemplares de *Chrysodeixis includens* na região de Cascavel, possibilitando a execução desse projeto;

À Lucimara Antunes, secretária do curso, pela atenção, carinho e disposição para ajudar em todos os momentos;

Aos membros do colegiado do curso por terem aprovado a defesa antecipada da minha dissertação, especialmente ao professor Dr. Cícero Deschamps, por ter confiado no meu trabalho;

Aos funcionários do Departamento de Zoologia, Denise Weldt e Jefferson Krüger pelo carinho e auxílio no cotidiano, à Denise Vieira secretária do departamento e a Vicentina pela atenção em manter o laboratório limpo;

Aos membros da banca de pré-defesa, professora Dra. Marion do Rocio Foerster e Dr. Alex Sandro Poltronieri, pela contribuição no trabalho;

À minha querida amiga Magda Fernanda Paixão que me ajudou desde o início, me ensinando como criar os insetos e me aconselhando em todos os momentos;

Aos meus amigos e colegas com quem tive o prazer de trabalhar no LCII, Aline Borba, Aline Yoshie, Adélia Bischoff, Diones Krinski, Leonardo Riegler, Marilise Morona, Marion Foerster e Veridiana Coimbra;

Ao Professor Dr. Germano Henrique Rosado Neto que juntamente com o Prof. Luís Amilton, despertaram o meu fascínio pela área de entomologia, agradeço imensamente pela oportunidade de ter sido aluna desses dois grandes mestres;

À minha família, especialmente ao meu pai Milton, minha irmã Amanda e meu avô Hiroki que me ajudaram nos domingos e feriados com a criação dos insetos;

Aos meus amigos que fiz durante a graduação e pós graduação que me apoiaram e me incentivaram durante todos os anos;

Aos professores do curso de pós graduação em Agronomia e Zoologia pelos ensinamentos que adquiri durante as aulas ministradas;

Às empresas Bayer CropScience Ltda, Dow AgroSciences Ltda, DuPont Ltda e Nufarm Ltda, pelo fornecimento dos inseticidas avaliados neste trabalho;

À todos que de alguma forma contribuíram para a realização dessa dissertação.

Muito obrigada!

## RESUMO

Espécies do gênero *Trichogramma* são mundialmente utilizadas no controle de insetos-pragas agrícolas da Ordem Lepidoptera. Além de sua eficiência, por eliminarem as pragas antes de sua eclosão na lavoura, possibilitam a sua integração com inseticidas químicos. Por parasitarem o estágio de ovo e terem seus estágios imaturos protegidos pelo córion do hospedeiro, a probabilidade de serem afetados por inseticidas é acentuadamente menor em comparação com espécies que parasitam os estágios móveis de seus hospedeiros. Ainda assim, um número expressivo de inseticidas neurotóxicos afeta negativamente o desempenho das espécies de *Trichogramma*. Além de sua toxicidade intrínseca, a ação de inseticidas pode ser influenciada pelo estágio de desenvolvimento do parasitoide, bem como pela espécie de *Trichogramma* sob avaliação. Da mesma forma, a espécie hospedeira também causa resultados divergentes, fato observado quando os efeitos de um mesmo inseticida são avaliados em um parasitoide desenvolvendo-se em duas espécies de hospedeiros. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito letal e subletal de novos inseticidas com diferentes modos de ação em duas espécies de *Trichogramma*, ambas criadas em ovos de *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens*. Os inseticidas foram pulverizados em ovos não-parasitados que após uma hora foram oferecidos a fêmeas acasaladas de *T. atopovirilia* ou *T. pretiosum*. Registrou-se a mortalidade das fêmeas expostas aos ovos tratados, a porcentagem de ovos parasitados, porcentagem de emergência e razão sexual. Em outro experimento, os ovos parasitados por ambas as espécies foram pulverizados com os inseticidas um ou sete dias após o parasitismo. Avaliou-se a porcentagem de adultos emergidos, sua capacidade reprodutiva, e longevidade. Com exceção da razão sexual, todas as variáveis avaliadas afetaram as respostas de ambos os parasitoides aos inseticidas testados. Concluiu-se que, de um modo geral há uma perspectiva favorável em prol da integração dos novos inseticidas em conjunto com o uso de parasitoides do gênero *Trichogramma*. Os resultados indicam que seja possível se adotar espécies de *Trichogramma* mais tolerantes a inseticidas do que outras em programas de Manejo Integrado de Pragas.

Palavras-chave: parasitoide de ovos, toxicidade, manejo integrado de pragas.

## ABSTRACT

Species of the genus *Trichogramma* are worldwide used in the control of agricultural insect-pests of the Order Lepidoptera. Besides their efficiency, by eliminating the pests before their hatching in the field, egg parasitoids are suitable for integration with chemical insecticides. By parasitizing the egg stage and having their immature stages protected by the host's chorion, the likelihood of being affected by insecticides is markedly lower compared to species that parasitize the mobile stages of their hosts. Nevertheless, an expressive number of neurotoxic insecticides negatively affect the performance of *Trichogramma* species. In addition to its intrinsic toxicity, the action of insecticides can be influenced by the stage of development of the parasitoid, as well as by the *Trichogramma* species under evaluation. Likewise, the host species also causes divergent results, a fact observed when the effects of the same insecticide are evaluated in a parasitoid reared in two host species. The objective of this study was to compare the lethal and sublethal effect of new insecticides with different modes of action on two *Trichogramma* species, both of which were reared either on eggs of *Anticarsia gemmatalis* and *Chrysodeixis includens*. The insecticides were sprayed on unparasitized eggs which were in the sequence offered to mated females of either *T. atopovirilia* or *T. pretiosum*. The mortality of females exposed to the treated eggs, the percentages of parasitized eggs and adults emerged were compared among the insecticides, between parasitoid and host species evaluated and sex-ratio. In another set of experiments, eggs parasitized by both species were sprayed with the insecticides either one or seven days after parasitism. The percentage of emerged adults, their reproductive capacity, and longevity were evaluated. Except for sex ratio, all variables evaluated affected the responses of both parasitoids to the tested insecticides. It was concluded that, in general, there is a favorable perspective for the integration of the new insecticides to the use of *Trichogramma*. The results indicate that it is possible to deploy *Trichogramma* species that are more tolerant to insecticides than others in Integrated pest management programs.

Keywords: egg parasitoid, toxicity, integrated pest management.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentagem média de sobrevivência de fêmeas de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* 24 horas após a exposição de ovos de *A. gemmatalis* tratados com inseticidas. Letras iguais entre tratamentos não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ). Tratamentos: Clor= clorpirifós; Espi= espinetoram; Delta= deltametrina; Fluben= flubendiamida; Indo= indoxacarbe; Nova= novalurom, Test= testemunha. ....25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Nome comercial, ingrediente ativo, grupo químico, concentração e dosagem dos produtos utilizados nos bioensaios. ....	22
Tabela 2. Média ( $\pm$ EP) da porcentagem de parasitismo e emergência de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> em ovos de <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i> previamente tratados com inseticidas .....	30
Tabela 3. Média ( $\pm$ EP) da razão sexual de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> oriundos de ovos de <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i> previamente tratados com inseticidas.....	33
Tabela 4. Média ( $\pm$ EP) da porcentagem de emergência de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> em ovos de <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i> tratados com inseticidas um dia após o parasitismo .....	35
Tabela 5. Média ( $\pm$ EP) da porcentagem de emergência de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> em ovos de <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i> tratados com inseticidas sete dias após o parasitismo .....	36
Tabela 6. Média ( $\pm$ EP) do número de ovos parasitados de progênes de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> oriundas de ovos tratados com inseticidas um dia após o parasitismo.....	41
Tabela 7. Média ( $\pm$ EP) do número de ovos parasitados de progênes de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> oriundas de ovos tratados com inseticidas sete dias após o parasitismo.....	43
Tabela 8. Longevidade (Média $\pm$ EP) de fêmeas e machos de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> provenientes de ovos de <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i> tratados com inseticidas um dia após o parasitismo .....	45

Tabela 9. Longevidade (Média $\pm$ EP) de fêmeas e machos de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> provenientes de ovos de <i>A. gemmatalis</i> e <i>C. includens</i> tratados com inseticidas sete dias após o parasitismo .....	48
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	15
2.1 SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A <i>Trichogramma</i> spp.	15
2.2 TOXICIDADE DE INSETICIDAS A <i>Trichogramma</i> spp.	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b>	21
3.1 CRIAÇÃO DOS INSETOS	21
3.2 INSETICIDAS UTILIZADOS	22
3.3 CAPACIDADE DE PARASITISMO DE <i>T. atopovirilia</i> E <i>T. pretiosum</i> EM OVOS TRATADOS COM INSETICIDAS	22
3.4 EFEITO LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS APLICADOS NOS ESTÁGIOS DE OVO-LARVA E PUPA	23
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	25
4.1 CAPACIDADE DE PARASITISMO DE <i>T. atopovirilia</i> E <i>T. pretiosum</i> EM OVOS TRATADOS COM INSETICIDAS	25
4.1.1 Sobrevivência dos adultos expostos aos inseticidas	25
4.1.2 Porcentagem de parasitismo	27
4.1.3 Emergência em ovos previamente tratados com inseticidas	31
4.1.4 Razão sexual	32
4.2 EFEITO DE INSETICIDAS NOS ESTÁGIO DE OVO-LARVA E PUPA	34
4.2.1 Efeito letal de inseticidas a <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> tratados nos estágios de ovo-larva e pupa	34
4.2.1.1 Emergência de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> de ovos tratados com inseticidas no estágio de ovo-larva	34
4.2.1.2 Emergência de <i>T. atopovirilia</i> e <i>T. pretiosum</i> de ovos tratados com inseticidas no estágio de pupa	35
4.3 EFEITOS SUBLETAIS NAS PROGÊNIES DE <i>T. atopovirilia</i> E <i>T. pretiosum</i> PROVENIENTES DE OVOS TRATADOS COM INSETICIDAS UM E SETE DIAS APÓS O PARASITISMO	39
4.3.1 Capacidade de parasitismo dos adultos provenientes de ovos tratados com inseticidas	39

4.3.1.1 Um dia após o parasitismo .....	39
4.3.1.2 Sete dias após o parasitismo .....	41
4.3.2 Longevidade de adultos provenientes de ovos tratados com inseticidas .....	43
4.3.2.1 Adultos emergidos de ovos tratados um dia após o parasitismo.....	43
4.3.2.2 Adultos emergidos de ovos tratados sete dias após o parasitismo .....	46
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é uma das principais culturas de importância econômica no mundo, sendo responsável pela metade da demanda mundial de óleo vegetal e proteínas (OERKE & DEHNE, 2004). O Brasil é o segundo maior produtor dessa *commodity* (SALIN, 2016), ocupando uma área de 33.251,9 milhões de hectares na safra 2015/2016, o que corresponde a 57% da área cultivada no país (CONAB, 2016). Desde que o Brasil se tornou o segundo maior produtor deste grão, o consumo de agrotóxicos tem crescido em conformidade. Apenas essa cultura consome 52% do total de pesticidas usados no país, e a classe dos inseticidas é a mais comercializada (SINDIVEG, 2016).

A cultura está sujeita ao ataque de insetos desde a germinação até a colheita (HOFFMANN-CAMPO et al., 2000), porém, a redução na produção inicia-se com o ataque de lagartas que ocasionam desfolha, pois esses danos se dão ao longo do desenvolvimento da planta (DEGRANDE & VIVAN, 2009). As principais lagartas desfolhadoras que atacam a cultura são a lagarta da soja, *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Erebidæ) e a lagarta falsa medideira, *Chrysodeixis* (= *Pseudoplusia*) *includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidæ) (BERNARDI et al., 2014). A lagarta da soja inicia a alimentação no terço superior da planta, o que facilita o seu controle por inseticidas. Já a lagarta falsa medideira inicia a alimentação com folhas no terço médio a inferior planta, dificultando o controle químico. O controle dessas lagartas é feito primariamente com inseticidas sintéticos, sendo que a lagarta da soja não vem apresentando problemas e seu manejo é efetivo. No entanto, a falsa medideira apresenta maior tolerância a inseticidas e é menos exposta às pulverizações devido ao hábito de permanecer na porção inferior da planta (BERNARDI et al., 2012).

Por muitos anos, *A. gemmatilis* foi considerada praga desfolhadora primária, enquanto que *C. includens*, ocupava o status de praga secundária. Porém, com a entrada da ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na safra de 2001/2002, as pulverizações de fungicidas, que anteriormente eram raras, passaram a ser uma prática comum e necessária (MOSCARDI et al., 2012). Entretanto, as aplicações de fungicidas não afetaram apenas os fungos da ferrugem asiática, mas também fungos entomopatogênicos como *Normuraea rileyi* (Farlow) (doença branca), *Pandora* sp. e

*Zoophthora* sp. (doença marrom), que contribuíam para a manutenção das populações de *C. includens* abaixo do nível de ação (SOSA-GÓMEZ et al., 2003). O uso excessivo de produtos fitossanitários, o aumento de aplicações de inseticidas não seletivos como os piretróides aliado a misturas com herbicidas na fase de dessecação e nas pulverizações de herbicidas pós-emergentes em sistemas de plantio direto (MOSCARDI et al., 2012), o desinteresse dos agricultores em adotar o Manejo Integrado de Pragas (MIP) (GAZZONI, 2012), e a introdução de novas pragas no país (CZEPAK et al., 2013) contribuíram para que *C. includens* ascendesse ao nível de praga primária na soja.

As dificuldades no controle dos insetos acarretam o aumento no número de aplicações de inseticidas, ocasionando o surgimento de insetos resistentes aos compostos químicos, ressurgência de pragas e surto de pragas secundárias (HARDIN et al., 1995). Pelo amplo espectro da maior parte dos inseticidas, há a destruição de inimigos naturais, o que demanda estratégias que envolvam outras alternativas de controle, como o uso de inseticidas com diferentes modos de ação e a preservação e liberações de inimigos naturais que auxiliem no controle de pragas e que contribuam para a diminuição da resistência aos compostos químicos (TANG et al., 2010).

O MIP emprega o uso racional de inseticidas assim como a integração de diferentes estratégias de controle, dentre elas, o uso de inimigos naturais aliados com produtos químicos (ZALUCKI et al., 2009). No entanto, a integração de métodos químicos e biológicos requer a utilização de inseticidas seletivos aos inimigos naturais, e o conhecimento dos efeitos potenciais dos produtos químicos a fim de garantir a manutenção desses insetos no ambiente (FOERSTER, 2002).

Parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são importantes inimigos naturais, e inúmeras espécies estão associadas principalmente a lepidópteros de importância econômica (PARRA & ZUCCHI, 2004). No Brasil, 26 espécies de *Trichogramma* são descritas, o que representa o maior número de espécies nativas relatadas em um país da América do Sul. Dentre estas, *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 destacam-se por estarem amplamente distribuídas pelo continente americano e presentes em culturas anuais associadas a diversos hospedeiros (ZUCCHI et al., 2010). Na soja, há um grande potencial a ser explorado, pois cinco espécies de *Trichogramma* já foram relatadas parasitando ovos de *A.*

*gemmatalis* (FOERSTER & AVANCI, 1999; AVANCI et al., 2005). Entretanto, apesar do potencial para o emprego destes agentes de controle, historicamente o uso de inseticidas associados com *Trichogramma* tem sido considerado incompatível, devido aos efeitos limitantes ocasionados pelos inseticidas (SUH et al., 2000).

O efeito deletério de inseticidas tradicionalmente era conferido apenas pela mortalidade do inseto não-alvo, porém, com o crescente aumento na importância dos inimigos naturais na agricultura, e o reconhecimento da relevância dos efeitos subletais (os efeitos sobre a fisiologia ou comportamento de insetos que sobrevivem à exposição de um pesticida), é de extrema importância avaliar parâmetros como a longevidade e a fecundidade dos insetos benéficos (DESNEUX et al., 2007).

Comumente, a metodologia padrão para testes de seletividade de produtos fitossanitários em *Trichogramma* preconiza a criação e os testes de uma única espécie da vespa em um hospedeiro fictício, verificando a mortalidade do inseto. Os experimentos avaliam a capacidade das fêmeas em parasitar ovos hospedeiros tratados com inseticidas, pois este é o estágio mais suscetível, assim como os efeitos de inseticidas sobre o desenvolvimento e emergência de adultos de ovos tratados (HASSAN, 1992). Entretanto, alguns estudos constataram que o grau de seletividade pode ser afetado pelo hospedeiro utilizado, assim como pela espécie do parasitoide (BASTOS et al., 2006; GOULART, et al., 2008; 2012; PRATISSOLI et al., 2009). Tais resultados demonstram diferenças significativas entre as espécies de *Trichogramma* na tolerância a inseticidas, o que indica que podem haver espécies mais aptas a resistir aos compostos químicos.

Com base nessas informações, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência do hospedeiro e da espécie de *Trichogramma* na toxicidade de novos inseticidas e os efeitos subletais em *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* criados em ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens*.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A *Trichogramma* spp.

O grande sucesso alcançado pelos inseticidas sintéticos entre 1940 e 1960 no controle das pragas agrícolas relegou as pesquisas com inimigos naturais a um plano secundário. Só a partir da década de 60, com o surgimento dos primeiros relatos dos efeitos negativos do controle químico decorrentes do uso indiscriminado e abusivo de inseticidas, as pesquisas voltaram a focalizar os métodos alternativos ao controle químico. Com isso, a importância dos inimigos naturais nos sistemas agrícolas voltou a ser reconhecida (FOERSTER, 2002). Dentre as opções de controle biológico, destacam-se os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma*, que se constituem em um dos grupos mais estudados e utilizados no mundo (PARRA; ZUCCHI, 2004). Esses insetos são altamente eficazes no controle de inúmeras espécies de pragas agrícolas, pois impedem a eclosão do hospedeiro antes que qualquer dano seja causado à cultura (BOTELHO, 1997). No entanto, apenas em determinadas situações o controle biológico pode regular as populações de pragas, sem que haja a necessidade da utilização de produtos químicos, principalmente em cultivos anuais (MOSCARDINI et al., 2008; CARMO et al., 2010).

Com o intuito de diminuir a dependência e o impacto causado pelos inseticidas químicos, o manejo integrado de pragas preconiza um sistema com a compatibilização de diferentes táticas de controle, em que associação de métodos de controle se complementem e não interfiram na efetividade de cada uma (KOGAN, 1998). A integração do controle químico com o controle biológico só é possível com o uso de inseticidas seletivos ou com o seu uso seletivo, pois esses favorecem a conservação dos inimigos naturais no agroecossistema (CARVALHO et al., 1999). Foerster (2002) define o termo seletividade como o potencial de um produto em controlar a praga com a mínima influência sobre a atividade de espécies benéficas.

A seletividade pode ser fisiológica, quando o potencial de um inseticida tem maior atividade sobre a praga do que sobre o inimigo natural, ou ecológica, de acordo com a forma pela qual a exposição diferencial de pragas e inimigos naturais é obtida. Essa diferenciação pode ser dar através do tempo ou no espaço. Na seletividade ecológica as diferenças de comportamento ou habitat das espécies ocasionam o contato do produto com determinada espécie e não com outra, porém, é necessário

um conhecimento amplo dos aspectos bioecológicos tanto da praga quanto do inimigo natural. A seletividade fisiológica é inerente ao produto em determinada dose e opera primeiro no nível fisiológico ou de organismo (FOERSTER, 2002).

Historicamente a toxicidade aguda dos pesticidas em artrópodes benéficos era baseada na determinação da dose letal média (DL<sub>50</sub>) ou da concentração letal média (CL<sub>50</sub>). Porém, essas estimativas fazem parte apenas de uma parcela dos efeitos deletérios, que além da mortalidade direta, podem ocasionar efeitos subletais. Estes por sua vez, podem ser definidos como os efeitos fisiológicos ou comportamentais em indivíduos que sobreviveram à exposição aos inseticidas, dos quais a dose ou a concentração pode ser letal ou subletal. Os efeitos subletais podem afetar parâmetros fisiológicos como: a taxa de desenvolvimento, longevidade dos adultos, fecundidade e razão sexual, bem como efeitos comportamentais como mobilidade, orientação, alimentação e oviposição (DESNEUX et al., 2007).

Devido à importância de avaliar o impacto de inseticidas em inimigos naturais, desde 1974, a Organização Internacional para o Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas (IOBC), Seção Regional Paleártica Oeste (WPRS) coordena estudos de seletividade a fim de garantir resultados replicáveis e que possibilitam trocar informações sobre produtos recentemente introduzidos no mercado (DEGRANDE et al., 2002).

A metodologia preconizada pela IOBC indica o uso de *Trichogramma cacoeciae* Marchal em um hospedeiro fictício nos testes de avaliação de pesticidas (HASSAN, 1992). No Brasil, diversos estudos de seletividade foram realizados com *Trichogramma* spp. em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), devido à facilidade da criação desse hospedeiro (PARRA & ZUCCHI, 1997). Predominantemente esses estudos abordaram os efeitos dos inseticidas sobre *T. pretiosum* (CARVALHO et al., 1999; 2001; 2003a; 2003b; 2010; MOSCARDINI et al., 2008; CARMO et al., 2010; AMARO et al., 2015), havendo poucos trabalhos com outras espécies do gênero.

Contudo, ainda são escassos estudos que avaliem a seletividade comparando diferentes espécies de *Trichogramma* em diferentes hospedeiros. Bastos et al., (2006) compararam o efeito de agrotóxicos a *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* e *Sitotroga cerealella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), e obtiveram uma interação significativa entre os produtos químicos e os hospedeiros nos estágios de pupa e

adulto do parasitoide. Goulart et al., (2012) testaram *T. pretiosum* e *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner em ovos do hospedeiro fictício *A. kuehniella* e em dois hospedeiros naturais, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) e *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), e constataram respostas diferentes aos inseticidas em função da espécie de parasitoide e do hospedeiro. Os autores concluíram que o uso de apenas uma espécie de *Trichogramma* em testes de seletividade é questionável, pois resultados divergentes podem ser registrados, tanto entre parasitoides, quanto entre hospedeiros. Da mesma forma, Pratissoli et al., (2009) analisaram a seletividade a *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*, *S. cereallella* e *A. gemmatalis*, constatando diferenças na toxicidade dos inseticidas de acordo com o hospedeiro usado para o desenvolvimento do parasitoide.

No Brasil, apesar da vasta literatura sobre o assunto, ainda não existe nenhum acordo de uniformização de metodologias ou padronização de procedimentos para avaliar o efeito dos inseticidas em inimigos naturais (DEGRANDE et al., 2002). Dessa forma as pesquisas realizadas sobre o assunto e as metodologias utilizadas variam. Foerster (2002) considera quatro métodos para a avaliação dos efeitos dos inseticidas em parasitoides de ovos: 1) exposição de adultos a resíduos aplicados nas plantas ou sobre superfícies de vidro; 2) tratamento de ovos parasitados por pulverização ou imersão; 3) aplicação sobre ovos não parasitados que são posteriormente oferecidos às fêmeas do parasitoide; e 4) avaliação da capacidade de parasitismo de fêmeas emergidas de ovos tratados com inseticidas.

## 2.2 TOXICIDADE DE INSETICIDAS A *Trichogramma* spp.

Inseticidas neurotóxicos pertencentes ao grupo dos organofosforados e piretróides são considerados altamente tóxicos para inimigos naturais (CROFT, 1990). Isso, se deve à similaridade fisiológica no mecanismo de transmissão dos impulsos nervosos entre os artrópodes; de um modo geral os neurotóxicos são pouco seletivos, pois afetam indistintamente insetos fitófagos e entomófagos (FOERSTER, 2002).

Os organofosforados, agem inibindo a transmissão do impulso nervoso através das sinapses. Esses inseticidas se ligam à enzima acetilcolinesterase resultando no acúmulo de acetilcolina, ocorrendo a interrupção da transmissão dos impulsos nervosos, ocasionando a estimulação excessiva dos receptores colinérgicos

e consequentemente a morte (CASIDA & DURKIN, 2013). Inúmeros estudos já comprovaram a toxicidade de inseticidas organofosforados, como clorpirifós, em espécies de *Trichogramma* (DELPUECH & MEYET, 2003; CAÑETE, 2005; MOURA et al., 2006; PARREIRA, 2007; STEFANELLO JÚNIOR et al., 2008; MAIA et al., 2010; SOUZA, 2011; WANG et al., 2012; AMARO et al., 2015;). Contudo, dependendo da época em que o inseticida foi aplicado, não foi observado interferência na emergência dos parasitoides (MAIA et al., 2013).

Os piretróides, interferem na abertura e fechamento dos canais de sódio neural, prologando o tempo de entrada dos íons  $\text{Na}^+$  para o interior da célula, ocorrendo o bloqueio na transmissão dos impulsos nervosos. Deltametrina é um piretróide, que atua sobre o complexo receptor inotrópico do ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), ligando-se aos receptores do GABA, bloqueando os canais de cloro e sua ativação (SPENCER et al., 2001). Reduções no parasitismo e emergência de *Trichogramma* relacionados aos efeitos de piretroides já foram relatadas (CARVALHO et al., 2001; KSENTINI et al., 2010; PAIVA, 2016).

A necessidade de novas moléculas químicas que sejam potencialmente seletivas a inimigos naturais e que apresentem modos de ação alternativos são de extrema importância. Nesse sentido, os inseticidas reguladores do crescimento, destacam-se pela alta seletividade a inimigos naturais, e geralmente são inofensivos para adultos de *Trichogramma*. Novalurom faz parte desses compostos que atuam sobre a formação da nova cutícula do inseto, inibindo a síntese de quitina, agindo especificamente em formas imaturas dos insetos (CÔNSOLI et al., 2001). Estudos têm corroborado com a seletividade de reguladores do crescimento a *Trichogramma* (PARREIRA, 2007; STEFANELLO JÚNIOR et al., 2008; MAIA et al., 2010; SOUZA, 2011; MAIA et al., 2013; KHAN et al., 2014), constatando que o parasitismo não foi afetado quando ovos tratados com reguladores de crescimento foram oferecidos ao parasitoide, no entanto, reduções na emergência foram observadas dependendo da época de aplicação (CÔNSOLI et al., 2001; CÔNSOLI et al., 2008; CARVALHO et al., 2010).

Outra classe de inseticidas recentemente lançada no mercado, são as diamidas do ácido ftálico, que possuem um modo de ação diverso daquele dos tradicionais inseticidas neurotóxicos. Um representante desse grupo é o ingrediente ativo flubendiamida, que atua ativando os receptores de rianodina, que são canais de

cálcio intracelulares que regulam a liberação de cálcio. Quando agem nos canais de cálcio, estes permanecem abertos e os depósitos de cálcio são esgotados, induzindo gradativamente à contração muscular, resultando na paralisia do inseto (CORDOVA et al., 2006). Poucos estudos avaliaram o impacto de flubendiamida em *Trichogramma* porém, predominantemente apresentam-se inócuos ao parasitoide (SATTAR et al., 2011; KHAN et al., 2014; PAZINI et al., 2016).

O grupo das oxadiazinas, agem no sistema nervoso do inseto bloqueando os canais de Na<sup>+</sup>, impedindo a sua entrada para o interior dos axônios; com isso, o neurônio continua na condição de repouso, ocorrendo bloqueio da transmissão dos impulsos, causando a neurointoxicação, paralisia e morte dos insetos (WING et al., 2000). O representante desse grupo é o ingrediente ativo indoxacarbe, sendo que a seletividade desse composto foi comprovada para adultos de *Trichogramma brassicae* Bezdenko, 1968, e *T. pretiosum* (HEWA-KAPUGE et al., 2003; LIU & ZHANG, 2012;). No entanto, Sattar et al. (2011) observaram que houve efeito nocivo para adultos de *Trichogramma chilonis* Ishii, 1941.

Espinetoram é o segundo ingrediente ativo pertencente ao grupo das espinosinas, cujos compostos são baseados na fermentação do actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa* Mertz and Yao (Actinomycetales: Pseudonocardaceae). Os produtos da fermentação são metabólitos bacterianos, sendo que o primeiro composto da série é o espinosade, baseado nas espinosinas A e D, enquanto espinetoram é uma otimização sintética de espinosade baseado nas espinosinas J e L. Inseticidas do grupo das espinosinas atuam nos receptores nicotínicos de acetilcolina, e nos receptores do ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA) levando à excitação do sistema nervoso (THOMPSON et al., 2000; SPARKS et al., 2008). Existem poucos relatos na literatura sobre os efeitos de espinetoram sobre espécies de *Trichogramma*, contudo, em uma extensa revisão realizada sobre o impacto de espinosinas em artrópodes não alvo conclui-se que o composto pode afetar diferentes traços fisiológicos e comportamentais de artrópodes benéficos (BIONDI et al., 2012).

Os resultados do impacto de espinetoram são contraditórios, enquanto alguns autores descrevem a sua toxicidade para *T. pretiosum*, *T. chilonis* e *Trichogramma evanescens* Westwood, 1833, (KHAN et al., 2014; SABRY et al., 2014), em outro estudo não foram observados efeitos nocivos sobre *T. chilonis* (VISNUPRIYA & MUTHUKRISHNAN, 2015). Já para espinosade, os efeitos deletérios não são

questionários (CÔNSOLI et al., 2001; SATTAR et al., 2011; LIU & ZHANG, 2012; MAIA et al., 2013).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Integrado de Insetos (LCII), no departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Os bioensaios foram realizados em estufa climatizada com temperatura de  $25 \pm 1^\circ$ , umidade relativa (UR) de  $70 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 14L:10E horas.

#### 3.1 CRIAÇÃO DOS INSETOS

A criação dos hospedeiros *Anticarsia gemmatalis* e *Chrysodeixis includens* iniciou-se a partir de indivíduos obtidos em campos de soja, nos municípios de Cascavel e Lapa (PR-BR), durante a safra da soja de 2015-2016 e mantidos em colônias no laboratório.

Durante a fase larval, as lagartas foram alimentadas com dieta artificial (GRENNE et al., 1976) em copos de polietileno com capacidade de 50 mL, onde permaneceram até a fase de pupa, as quais eram retiradas e separadas. Após a emergência, as mariposas de *A. gemmatalis* eram transferidas e mantidas em gaiola de vidro de 45 cm x 33 cm x 35 cm, contendo aberturas laterais para a ventilação, recobertas com tecido voile, e uma abertura na extremidade superior para a manipulação. No interior da gaiola, placas de acrílico nas paredes laterais serviram de substrato para oviposição, sendo os ovos retirados e coletados em bandeja com água. Os adultos de *C. includens* foram mantidos em gaiolas de PVC de 15 cm x 30 cm, revestidas internamente com folhas de acetato e uma abertura superior fechada com tecido voile. Os ovos eram coletados manualmente com auxílio de um pincel fino e água. A alimentação de ambas as mariposas constituiu de dieta líquida (HOFFMAN-CAMPO et al., 1985), fornecida em um substrato de algodão sobre placas de petri.

Os parasitoides *Trichogramma atopovirilia* e *Trichogramma pretiosum* foram criados em ovos do hospedeiro *Mythimna sequax* Franclemont (Lepidoptera: Noctuidae) em  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 1\%$  U.R. e 12:12 LE. A escolha desse hospedeiro é decorrente de sua alta capacidade reprodutiva, facilidade e baixo custo em dieta artificial (MARCHIORO & FOERSTER, 2012). Testes preliminares mostraram a aceitação dos parasitoides oriundos de ovos de *M. sequax*, em ovos dos hospedeiros testados. Três vezes por semana, uma quantidade aleatória de ovos de *M. sequax*

era oferecida a fêmeas dos parasitoides previamente copuladas em tubos de vidro de 1 cm de diâmetro x 10 cm de altura. Os adultos eram alimentados com filetes de mel, depositados no interior do tubo.

### 3.2 INSETICIDAS UTILIZADOS

Para a realização dos bioensaios, seis inseticidas de diferentes grupos químicos registrados para a cultura da soja foram selecionados (Tabela 1). Os produtos foram utilizados na máxima concentração recomendada para o controle das pragas, segundo a bula do fabricante. Água destilada foi utilizada como testemunha.

As pulverizações foram realizadas com um aerógrafo calibrado a uma pressão de 20 lbf pol<sup>-2</sup>, a uma altura de 10 cm das cartelas, que possibilitou a deposição de  $3,6 \pm 0,54$  (EP)  $\pm$ mg cm<sup>-2</sup> da concentração por cartela.

**Tabela 1.** Nome comercial, ingrediente ativo, grupo químico, concentração e dosagem dos produtos utilizados nos bioensaios.

Nome Comercial	Ingrediente ativo	Grupo Químico	Concentração i.a.	Dosagem (mL/100L de água)
Avatar®	Indoxacarbe	Oxadiazina	150 g/L	400
Belt®	Flubendiamida	Diamida	480 g/L	70
Decis® 25 EC	Deltametrina	Piretróide	25 g/L	200
Exalt®	Espinetoram	Espinosina	120 g/L	150
Galaxy® 100 EC	Novalurom	Benzoiluréia	100 g/L	75
Klorpan® 480 EC	Clorpirifós	Organofosforado	480 g/L	750

Fonte: AGROFIT (2016)

### 3.3 CAPACIDADE DE PARASITISMO DE *T. atopovirilia* E *T. pretiosum* EM OVOS TRATADOS COM INSETICIDAS

Nos experimentos realizados com o hospedeiro *A. gemmatilis*, dez ovos foram aderidos com água, com um pincel de cerdas finas, em papel cartolina azul (0,5 cm x 3 cm), enquanto que para *C. includens*, foram utilizados 14 ovos. As cartelas contendo os ovos foram pulverizadas com as diluições de inseticidas (Tabela 1) ou água destilada e foram deixadas para secar durante uma hora em temperatura



ambiente. Em seguida, as cartelas foram transferidas para tubos de vidro (1 cm de diâmetro x 10 cm de altura), onde foram expostas ao parasitismo de uma fêmea de *T. atopovirilia* e/ou *T. pretiosum* durante 24 horas. Cada tratamento foi repetido 20 vezes. O efeito dos inseticidas foi avaliado por meio da mortalidade das fêmeas expostas aos inseticidas após 24 horas, porcentagem de parasitismo, porcentagem de emergência (observada pelo número de ovos com orifício de emergência), e razão sexual. Todos os ovos foram dissecados a fim de verificar se haviam parasitoides que não conseguiram emergir.

### 3.4 EFEITO LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS APLICADOS NOS ESTÁGIOS DE OVO-LARVA E PUPA

Ovos *A. gemmatalis* e *C. includens*, foram aderidos com água em papel cartolina azul seguindo a metodologia do item anterior. Vinte fêmeas de *T. atopovirilia* ou *T. pretiosum* foram expostas aos ovos durante 24 horas, após esse período os parasitoides foram descartados. Um e sete dias após o parasitismo, as cartelas contendo os ovos com parasitoides no estágio de ovo-larva e pupa (CÔNSOLI et al., 1999a), foram tratados com as diluições de inseticidas (Tabela 1) ou água destilada. Cada tratamento foi repetido 20 vezes e as cartelas foram mantidas em ambiente natural para secarem por cerca de uma hora. Cada cartela foi transferida para tubos de vidro (1 cm de diâmetro x 10 cm de altura), onde foram mantidas nas condições supracitadas.

O efeito letal dos inseticidas foi avaliado pela porcentagem de emergência, sendo realizada posteriormente a dissecação dos ovos para a observação de possíveis parasitoides não emergidos. Para avaliar os efeitos subletais, bioensaios subsequentes foram realizados, individualizando-se em tubos de vidro, 20 fêmeas originadas de cada tratamento após 24 horas de emergência. Durante três dias consecutivos foram ofertados diariamente 20 ovos de *A. gemmatalis* ou 28 de *C. includens* não tratados com inseticidas, com a intenção de avaliar a fecundidade dos descendentes através do total de ovos parasitados nos três dias. Além disso, 20 casais foram separados de cada tratamento em tubos de vidro para avaliar a longevidade; durante esse período foi fornecido água em papel filtro e mel na parede do tubo.

### 3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

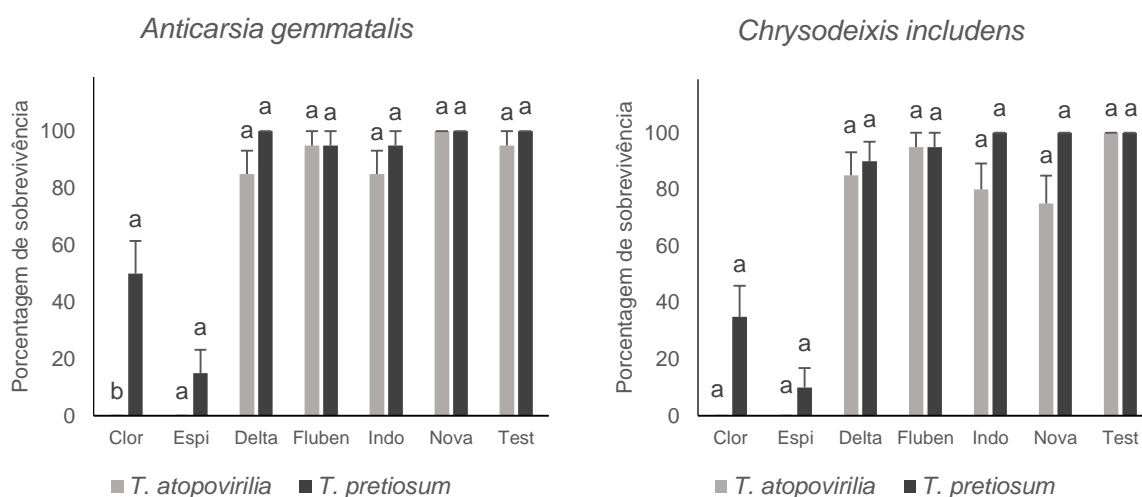
O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos a análise de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade pelo teste de Bartlett, e por não suprirem os pressupostos necessários para uma análise de variância, foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ). A razão sexual foi calculada pela fórmula:  $RS = \text{número de fêmeas} / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$ , e comparada pelo teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) tendo como valor esperado a proporção de machos e fêmeas obtidas nas testemunhas dos tratamentos avaliados. As análises foram realizadas no software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CAPACIDADE DE PARASITISMO DE *T. atopovirilia* E *T. pretiosum* EM OVOS TRATADOS COM INSETICIDAS

#### 4.1.1 Sobrevivência dos adultos expostos aos inseticidas

A sobrevivência das fêmeas expostas aos ovos tratados com inseticidas foi comparada entre espécies de parasitoides nos dois hospedeiros (Figura 1). Nos ovos de *A. gemmatalis*, apenas no tratamento com clorpirifós houve diferença significativa na sobrevivência de fêmeas dentre os dois parasitoides ( $U= 100,0$ ;  $p=0,007$ ). Enquanto que para *C. includens* não houve diferença significativa nas comparações realizadas entre os tratamentos. Assim como clorpirifós, espinetoram ocasionou uma alta taxa de mortalidade entre as duas espécies de parasitoides, porém nesse caso, não houve diferença estatística na sobrevivência entre as duas espécies de *Trichogramma* nos hospedeiros avaliados.



**Figura 1.** Porcentagem média de sobrevivência de fêmeas de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* 24 horas após a exposição de ovos de *A. gemmatalis* tratados com inseticidas. Letras iguais entre tratamentos não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ). Tratamentos: Clor= clorpirifós; Espi= espinetoram; Delta= deltametrina; Fluben= flubendiamida; Indo= indoxacarbe; Nova= novalurom, Test= testemunha.

A diferença na sobrevivência das fêmeas dos dois parasitoides mostrou que *T. atopovirilia* foi mais suscetível a clorpirifós do que *T. pretiosum* em ovos de *A. gemmatilis*. Os resultados obtidos podem ser atribuídos às características intrínsecas de cada espécie de parasitoide, uma vez que Bull & Coleman (1985) já relataram a existência de diferenças na tolerância de espécies de *Trichogramma* a pesticidas. Manzoni et al. (2007) avaliaram 40 agrotóxicos, constatando que adultos de *T. atopovirilia* foram mais sensíveis que *T. pretiosum* quando expostos a resíduos de produtos pulverizados sobre placas de vidro.

Wang et al. (2012) analisaram o efeito de 30 inseticidas sobre adultos de *T. nubilale* Ertle & Davis, 1975, e observaram que clorpirifós apresentou a segunda maior toxicidade entre os inseticidas avaliados. Mortalidade de 50% foi observada por Souza (2011) em *T. pretiosum* quando ovos tratados com clorpirifós foram ofertados aos parasitoides uma hora após a pulverização.

Os demais inseticidas avaliados foram seletivos aos parasitoides estudados em ambos os hospedeiros. Souza (2011) observou que a sobrevivência de adultos de *T. pretiosum* expostos ao inseticida regulador de crescimento triflumurom não diferiu da testemunha, enquanto que clorpirifós e espinosade foram altamente tóxicos ao parasitoide. Khan et al. (2014) avaliaram a mortalidade de *T. pretiosum* expostos a resíduos de flubendiamida e novalurom, os quais não diferiram da testemunha, enquanto espinetoram ocasionou 99% de mortalidade após 24 horas de exposição. Cañete (2005) observou 100% de mortalidade de fêmeas de cinco espécies de *Trichogramma* logo após o contato com clorpirifós.

Liu & Zhang (2012) não constataram diferenças na mortalidade de *T. brassicae* e *T. pretiosum* por indoxacarbe em relação à testemunha, ao passo que espinosade dependendo da concentração utilizada, ocasionou decréscimos na sobrevivência que variaram entre 88,8 a 95,4%. Hewa-Kapuge et al., (2003) também observaram a seletividade de indoxacabe a adultos de *T. nr brassicae*. Sattar et al. (2011) constataram 100% de mortalidade quando adultos de *T. chilonis* foram expostos a resíduos de espinosade, 79% em indoxacarbe enquanto flubendiamida foi um dos inseticidas que apresentaram menor porcentagem de mortalidade dos adultos.

#### 4.1.2 Porcentagem de parasitismo

Para todos os inseticidas, o parasitismo foi significativamente mais bem sucedido em ovos de *A. gemmatilis* do que em *C. includens* (Tabela 2). As únicas exceções foram registradas nos tratamentos com clorpirifós, onde nenhum ovo foi parasitado por *T. atopovirilia* em nenhum dos hospedeiros e flubendiamida ( $U=129,50$ ;  $p=0,058$ ) onde não houve diferença no parasitismo de *T. pretiosum* entre os dois hospedeiros.

Clorpirifós é comumente incluído nos testes de seletividade como um controle positivo de toxicidade para comparação com os demais inseticidas, devido aos seus efeitos nocivos sobre espécies de *Trichogramma* (STEFANELLO JÚNIOR et al., 2008; AMARO et al., 2015). Croft (1990) descreveu a alta toxicidade de inseticidas organofosforados a agentes de controle biológico. No presente estudo constatou-se 100% de mortalidade nas fêmeas de *T. atopovirilia* pelo contato direto com os resíduos de clorpirifós (Figura 1), o que inviabilizou o parasitismo por essa espécie (Tabela 2).

Moura et al. (2006) e Amaro et al. (2015) constataram 100% de redução no parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* enquanto Maia et al., (2010) observaram o mesmo comportamento para *T. atopovirilia*, como consequência da alta mortalidade dos adultos devido a exposição dos parasitoides a resíduos de clorpirifós. A diminuição no parasitismo de *T. atopovirilia* também foi verificada por Parreira (2007), expondo o parasitoide a ovos de *A. kuehniella* 24, 48 e 96 horas após a pulverização com clorpirifós.

Apesar da alta mortalidade ocasionada por clorpirifós para ambos os parasitoides, o parasitismo por *T. pretiosum* em ovos de *A. gemmatilis* tratados com esse inseticida não diferiu estatisticamente da testemunha, indoxacarbe e novalurom também não afetaram esse parâmetro, enquanto que deltametrina e espinoteram diminuiram drasticamente a porcentagem de ovos parasitados ( $H=65,42$ ;  $p<0,001$ ). Em ovos de *C. includens*, o parasitismo foi estatisticamente menor em todos os tratamentos com inseticidas em comparação com a testemunha ( $H=85,42$ ;  $p<0,001$ ) (Tabela 2).

Para *T. atopovirilia*, os inseticidas flubendiamida, indoxacarbe e novalurom não diferiram da testemunha em ovos de *A. gemmatilis*, enquanto, clorpirifós, espinoteram e deltametrina reduziram significativamente o parasitismo. ( $H=71,76$ ;

$p < 0,001$ ). Todos os inseticidas afetaram o parasitismo de *T. atopovirilia* em ovos de *C. includens* ( $H=75,59$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabela 2).

Flubendiamida não ocasionou redução na porcentagem de parasitismo em ovos de *A. gemmatilis* por *T. atopovirilia* enquanto que em *C. includens* houve redução de 25% no parasitismo. Para *T. pretiosum*, em ambos os hospedeiros observou-se redução no parasitismo quando os ovos foram previamente tratados com flubendiamida. Tais resultados diferem dos observados por Pazini et al. (2016) quando avaliando o efeito de flubendiamida a *T. pretiosum*, constataram que o inseticida não afetou o parasitismo em ovos de *A. kuehniella*, não diferindo da testemunha.

Apesar de espinetoram ter ocasionado mortalidade total dos adultos de *T. atopovirilia* e apresentado uma baixa sobrevivência em *T. pretiosum* (Figura 1), o parasitismo foi reduzido em relação aos demais tratamentos, porém não inviabilizado (Tabela 2). Nesse caso a contaminação pode ter ocorrido através do contato direto com os resíduos do inseticida, como também durante o processo de parasitismo, com a ingestão do líquido que extravasa do ovo do hospedeiro, por ocasião da inserção do ovipositor como descrito por Pak & Ostman (1982).

O resultado observado para novalurom em ovos de *A. gemmatilis* para *T. atopovirilia* são contrários aos observados por Maia et al. (2010), enquanto que para *T. pretiosum*, corroboram com os encontrados por Parreira (2007). Ambos os autores não verificaram efeito negativo na capacidade de parasitismo em ovos de *A. kuehniella* pulverizados com esse inseticida. Stefanello Júnior et al. (2008) avaliando a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum*, concluíram que novalurom foi inócuo enquanto clorpirifós e deltametrina foram altamente nocivos ao parasitoide

A redução no parasitismo por *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* em ovos tratados com deltametrina pode ter sido ocasionada pela alta toxicidade de inseticidas do grupo dos piretróides, que possuem ação de repelência, já relatada para deltametrina e lambdacialotrina (CARVALHO et al., 2001; PAIVA, 2016).

Liu & Zhang (2012) não observaram decréscimo no parasitismo por *T. brassicae* e *T. pretiosum* em ovos pulverizados com indoxacarbe, entretanto, dependendo da concentração de espinosade utilizada o parasitismo foi reduzido.

Em ambos os parasitoides houve diferença significativa no parasitismo entre *A. gemmatilis* e *C. includens*, podendo indicar a preferência dos parasitoides a um determinado hospedeiro, uma vez que os dois parasitoides foram criados em ovos de

*M. sequax*, utilizado como um hospedeiro neutro, onde testes preliminares comprovaram a aceitação dos parasitoides oriundos desse hospedeiro pelos hospedeiros testados. Assim, não houve preferência por condicionamento pré-imaginal do parasitoide, o que poderia explicar o resultado observado.

Contudo, Bastos et al. (2007) avaliando a porcentagem de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de dois hospedeiros fictícios, *A. kuehniella* e *S. cerealella* previamente tratados com inseticidas, constataram que o parasitismo variou em função do hospedeiro, sendo que mais ovos foram parasitados em *A. kuehniella* quando deltametrina foi aplicado, enquanto que para novalurom o hospedeiro mais parasitado foi *S. cerealella*. Goulart et al. (2012) obtiveram respostas diferentes nas taxas de parasitismo quando ofertaram ovos de *A. kuehniella*, *P. xylostella* e *S. frugiperda* para *T. pretiosum* e *T. exiguum*. Triflumuron foi seletivo para *T. pretiosum* e prejudicial para *T. exiguum*. Pratissoli et al. (2008) testando cartap, lufenurom e thiamethoxam em *T. pretiosum* pulverizados em ovos de *A. kuehniella*, *S. cerealella* e *A. gemmatalis*, observaram que entre os hospedeiros lufenurom diminuiu o parasitismo em *A. gemmatalis*, não havendo diferença entre os demais tratamentos.

As diferenças nos resultados podem ser decorrentes da metodologia empregada, hospedeiro utilizado, assim como pela concentração dos inseticidas utilizada nos experimentos. O melhor desempenho de *T. pretiosum* em relação a sobrevivência dos adultos e na porcentagem de parasitismo, demonstra que possivelmente essa espécie está mais apta a tolerar as aplicações de inseticidas mais tóxicos, o que explica *T. pretiosum* ser a espécie mais estudada e recomendada para o controle de diversas pragas, pois é a espécie mais amplamente distribuída na América do Sul, e é considerada a mais polífaga (PINTO, 1997).

**Tabela 2.** Média ( $\pm$  EP) da porcentagem de parasitismo e emergência de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* em ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* previamente tratados com inseticidas.

Espécie	Inseticida	% Parasitismo (n=20)		% Emergência			
		<i>A. gemmatalis</i>	<i>C. includens</i>	<i>A. gemmatalis</i>	<i>n</i>	<i>C. includens</i>	<i>n</i>
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	0	0	-	-	-	-
	Deltametrina	28,0 $\pm$ 4,14 Da	1,1 $\pm$ 0,59 Cb	97,2 $\pm$ 2,78 Aa	18	100 $\pm$ 0,00 Aa	3
	Espinetoram	54,5 $\pm$ 5,21 Ca	8,6 $\pm$ 2,72 Cb	13,5 $\pm$ 4,78 Da	19	30,3 $\pm$ 12,06 Ba	11
	Flubendiamida	92,0 $\pm$ 2,0 Aa	52,5 $\pm$ 3,45 Bb	97,9 $\pm$ 1,22 ABa	20	94,3 $\pm$ 2,48 Aa	19
	Indoxacarbe	81,5 $\pm$ 3,10 Ba	54,3 $\pm$ 5,49 Bb	93,1 $\pm$ 2,37 Ca	20	96,5 $\pm$ 1,63 Aa	18
	Novalurom	85,0 $\pm$ 2,35 Ba	44,2 $\pm$ 4,91 Bb	95,4 $\pm$ 1,59 BCa	20	91,7 $\pm$ 3,10 Aa	20
	Testemunha	87,5 $\pm$ 3,23 ABa	70,0 $\pm$ 5,43 Ab	100 $\pm$ 0,00 Aa	20	91,5 $\pm$ 2,06 Ab	20
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	74,0 $\pm$ 7,99 ABa	7,5 $\pm$ 3,53 Db	97,8 $\pm$ 1,03 ABa	19	98,2 $\pm$ 1,85 Aa	6
	Deltametrina	37,5 $\pm$ 4,22 Ca	9,6 $\pm$ 1,74 Db	98,7 $\pm$ 1,32 Aa	19	90,0 $\pm$ 7,24 Aa	15
	Espinetoram	25,5 $\pm$ 3,52 Ca	11,8 $\pm$ 1,66 Db	67,6 $\pm$ 6,97 Ca	17	17,7 $\pm$ 8,51 Cb	17
	Flubendiamida	69,0 $\pm$ 6,61 Ba	59,3 $\pm$ 4,70 Ba	98,0 $\pm$ 1,14 Aa	19	92,7 $\pm$ 2,88 Aa	19
	Indoxacarbe	83,0 $\pm$ 4,98 Aa	46,8 $\pm$ 3,21 Cb	98,1 $\pm$ 1,41 Aa	19	75,3 $\pm$ 4,41 Bb	20
	Novalurom	82,0 $\pm$ 2,87 ABa	48,6 $\pm$ 5,01 Cb	90,9 $\pm$ 4,18 Ba	20	92,8 $\pm$ 3,00 Aa	20
	Testemunha	89,0 $\pm$ 1,43 Aa	76,8 $\pm$ 2,88 Ab	98,4 $\pm$ 0,88 Aa	20	89,8 $\pm$ 2,74 Ab	20

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ), comparando espécie de parasitoide entre os hospedeiros.



#### 4.1.3 Emergência em ovos previamente tratados com inseticidas

A emergência em ovos de *A. gemmatilis* foi superior a 90% para *T. atopovirilia* ( $H=71,38$ ;  $p<0,001$ ) e *T. pretiosum* ( $H=37,75$ ;  $p<0,001$ ), com exceção de espinetoram que foi o inseticida mais deletério entre os tratamentos para ambos os parasitoides (Tabela 2).

Em ovos de *C. includens*, somente espinetoram diferiu estatisticamente dos demais tratamentos em *T. atopovirilia* ( $H=24,73$ ;  $p<0,001$ ), enquanto que para *T. pretiosum* ( $H=48,75$ ;  $p<0,001$ ) além de espinetoram, indoxacarbe também apresentou uma porcentagem de emergência inferior à testemunha (Tabela 2).

Além destes, nenhum adulto de *T. atopovirilia* emergiu de ovos tratados com clorpirifós, visto que não foi registrado parasitismo neste tratamento. Apesar da baixa porcentagem de parasitismo por deltametrina nos ovos de ambos os hospedeiros por *T. atopovirilia* e *T. pretiosum*, o desenvolvimento e emergência dos parasitoides não foram afetados pelo inseticida aplicado aos ovos em ambos os hospedeiros, indicando que uma vez que os parasitoides conseguem parasitar ovos que foram tratados com esse inseticida, a sua emergência não é significativamente afetada.

Houve diferença na emergência entre os hospedeiros, no tratamento testemunha ( $U=80,00$ ;  $p=0,001$ ) em *T. atopovirilia* porém, para ambos os hospedeiros a emergência foi acima de 90%. Também foi observada diferenças nos tratamentos espinetoram ( $U=43,50$ ;  $p<0,001$ ), indoxacarbe ( $U=50,50$ ;  $p<0,001$ ) e testemunha ( $U=112,00$ ;  $p=0,017$ ) em *T. pretiosum*, nesse último tratamento havendo menos de 10% de diferença na emergência de *A. gemmatilis* em relação a *C. includens* (Tabela 2). Para espinetoram e indoxacarbe a redução é mais aparente, evidenciando que nesses dois inseticidas o parasitoide foi beneficiado quando os ovos ofertados com inseticidas foram de *A. gemmatilis*. Essa diferença constatada entre os dois hospedeiros, pode ser decorrente nas diferenças existentes no córion de diversos lepidópteros, já discutidas por Cônsoli et al. (1999b), podendo ter ocorrido a penetração do inseticida através do córion, afetando a fase imatura do parasitoide, o que é menos improvável pois os ovos de *C. includens* tratados com ambos os inseticidas, apresentaram visualmente a coloração escura, caracterizada pela concentração de sais de urato, indicando que o parasitoide conseguiu alcançar o estágio de pupa (CÔNSOLI et al., 1999a). Portanto, é mais provável que os

parasitoides tenham se contaminado através da ingestão de resíduos contidos no córion durante a abertura do orifício de emergência, assim como foi observado para espinosade por Cênsoli et al. (2001). Por outro lado, Liu & Zhang (2012) não observaram influência de espinosade e indoxacarbe na emergência de adultos de *T. brassicae* e *T. pretiosum* quando ovos previamente tratados foram oferecidos aos parasitoides.

Diferenças na emergência entre diferentes hospedeiros foram observadas por Bastos et al. (2007), onde não houve um padrão para *T. pretiosum* em 21 pesticidas em ovos de *A. kuehniella* e *S. cerealella*, indicando que para o mesmo inseticida o ovo do hospedeiro pode influenciar o desenvolvimento do parasitoide. Ao contrário, Goulart et al. (2008) não observaram diferenças na emergência de *T. exiguum* e *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*, *P. xylostella* e *S. frugiperda* tratados com triflumuron e etofenproxi em relação à testemunha. Pratissoli et al. (2009) avaliando cartap, lufenurom e thiamethoxam em ovos de *A. kuehniella*, *S. cerealella* e *A. gemmatilis*, não constataram diferenças na emergência de *T. pretiosum* entre os hospedeiros em relação à testemunha. Porém, entre os inseticidas, houve diminuição na emergência dos ovos tratados com cartap.

#### 4.1.4 Razão sexual

A razão sexual da progênie de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* não foi afetada pela aplicação dos inseticidas em ovos de *A. gemmatilis* e *C. includens* (Tabela 3). Todos os valores observados estão acima de 0,5, valor este considerado ideal para *Trichogramma* (NAVARRO, 1998), com exceção de *T. atopovirilia* em ovos de *C. includens* pulverizados com deltametrina que apresentou uma razão sexual de 0,33; contudo nesse caso somente 3 indivíduos emergiram de 3 ovos, o que justifica a alteração na razão sexual.

Cañete (2005) também não verificou alterações na razão sexual de cinco espécies de *Trichogramma* em ovos de *A. gemmatilis* pulverizados com diflubenzurom, lufenurom, teflubenzurom e espinosade. Suh et al., (2000) tratando ovos com espinosade não observou variações na razão sexual de *T. exiguum* Pinto & Platner, 1978.

Os resultados obtidos com clorpirifós divergem dos encontrados por Delpuech & Meyet (2003), os quais relataram uma redução na razão sexual de *T. brassicae* emergidos de ovos de *A. kuehniella* tratados com esse inseticida. Pratissoli et al. (2008) observaram que a razão sexual de 0,0 para *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*, *S. cerealella* e *A. gemmatilis* tratados com cartap, indicando que só houve emergência de machos, enquanto os tratamentos com lufenurom e thiamethoxam não diferiram da testemunha.

De modo geral, o principal fator que afeta a razão sexual é a qualidade do hospedeiro (VINSON, 1997). A divergência de resultados pode ser decorrente da combinação de hospedeiro fictícios que possuem ovos de menor volume em comparação aos hospedeiros utilizados nesse estudo. À medida que o tamanho do ovo do hospedeiro aumenta, o número de ovos depositados nele aumenta também, favorecendo a razão sexual para as fêmeas (TAYLOR & STERN, 1971).

**Tabela 3.** Média ( $\pm$  EP) da razão sexual de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* oriundos de ovos de *A. gemmatilis* e *C. includens* previamente tratados com inseticidas.

Espécie	Inseticida	Razão Sexual <sup>NS</sup>					
		A. <i>gemmatilis</i>	Teste $\chi^2$	p	C. <i>includens</i>	Teste $\chi^2$	p
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	-	-	-	-	-	-
	Deltametrina	0,64 $\pm$ 0,05	1,279	> 0,05	0,33 $\pm$ 0,33	0,469	>0,05
	Espinetoram	0,90 $\pm$ 0,07	1,363	>0,05	0,60 $\pm$ 0,24	0,770	>0,05
	Flubendiamida	0,67 $\pm$ 0,03	0,387	>0,05	0,73 $\pm$ 0,05	1,235	>0,05
	Indoxacarbe	0,68 $\pm$ 0,06	2,026	>0,05	0,73 $\pm$ 0,05	1,289	>0,05
	Novalurom	0,67 $\pm$ 0,04	0,918	>0,05	0,70 $\pm$ 0,03	0,551	>0,05
	Testemunha	0,65 $\pm$ 0,05	-	-	0,68 $\pm$ 0,03	-	-
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	0,77 $\pm$ 0,04	0,569	>0,05	0,75 $\pm$ 0,07	0,211	>0,05
	Deltametrina	0,83 $\pm$ 0,03	0,469	>0,05	0,79 $\pm$ 0,06	0,847	>0,05
	Espinetoram	0,89 $\pm$ 0,04	0,970	>0,05	1,00 $\pm$ 0,00	0,139	>0,05
	Flubendiamida	0,75 $\pm$ 0,03	0,532	>0,05	0,69 $\pm$ 0,05	1,374	>0,05
	Indoxacarbe	0,83 $\pm$ 0,01	0,222	>0,05	0,64 $\pm$ 0,05	1,892	>0,05
	Novalurom	0,72 $\pm$ 0,06	1,709	>0,05	0,79 $\pm$ 0,02	0,286	>0,05
	Testemunha	0,76 $\pm$ 0,05	-	-	0,83 $\pm$ 0,02	-	-

NS= não significativo pelo teste de Qui-quadrado ( $p < 0,05$ ) para a variável razão sexual.

## 4.2 EFEITO DE INSETICIDAS NOS ESTÁGIO DE OVO-LARVA E PUPA

### 4.2.1 Efeito letal de inseticidas a *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* tratados nos estágios de ovo-larva e pupa

#### 4.2.1.1 Emergência de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* de ovos tratados com inseticidas no estágio de ovo-larva

Quando ovos foram tratados um dia após o parasitismo (ovo-larva), a emergência foi superior a 90% em todos os tratamentos para *T. atopovirilia* ( $H=14,29$ ;  $p=0,013$ ) e *T. pretiosum* ( $H= 5,58$ ;  $p=0,348$ ) em ovos de *A. gemmatilis*, exceto para espinetoram onde não foi observada emergência para nenhum dos parasitoides (Tabela 4).

Em ovos de *C. includens*, todos os tratamentos afetaram significativamente a emergência de *T. atopovirilia* ( $H=73,29$ ;  $p<0,001$ ) e *T. pretiosum* ( $H=60,11$ ;  $p<0,001$ ), com exceção de indoxacarbe que para ambos os parasitoides não diferiram da testemunha. Nos demais, a emergência foi inferior a 85% (Tabela 4).

Em todos os tratamentos, significantivamente mais parasitoides emergiram de ovos de *A. gemmatilis* do que de *C. includens*, exceto com novalurom em *T. atopovirilia* ( $U=138,00$ ;  $p=0,147$ ) e indoxacarbe em *T. pretiosum* ( $U=141,50$ ;  $p=0,113$ ) onde a emergência foi estatisticamente igual entre os dois hospedeiros.

Maia et al. (2013) constataram que novalurom e clorpirifós foram seletivos a *T. atopovirilia* quando tratados na fase de ovo-larva em ovos de *A. kuehniella*, enquanto que espinosade diminuiu a porcentagem de emergência. Cônsoli et al. (2008) avaliaram o parasitismo de *T. galloi* em ovos de *A. kuehniella* constatando que não foi afetado pelos inseticidas tebufenozide, lufenurom e triflumurom, porém, a emergência dos adultos foi reduzida. Ksentini et al. (2010) observaram a toxicidade de deltametrina e espinosade para *T. bourarachae*, *T. cacoeciae* e *T. evanescens* nos estágios de larva e pupa, ocorrendo variações no grau de toxicidade em função da espécie do parasitoide.

**Tabela 4.** Média ( $\pm$  EP) da porcentagem de emergência de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* em ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* tratados com inseticidas um dia após o parasitismo.

Espécie	Inseticida	% Emergência			
		<i>A. gemmatalis</i>	<i>n</i>	<i>C. includens</i>	<i>n</i>
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	99,0 $\pm$ 0,69 Aa	20	0,8 $\pm$ 0,83 Db	20
	Deltametrina	92,8 $\pm$ 2,46 BCa	20	74,4 $\pm$ 4,11 Cb	20
	Espinetoram	-	20	4,6 $\pm$ 1,93 D	20
	Flubendiamida	96,8 $\pm$ 1,80 ABa	20	77,0 $\pm$ 5,53 Cb	19
	Indoxacarbe	98,9 $\pm$ 0,73 Aa	20	94,5 $\pm$ 1,53 Ab	17
	Novalurom	91,5 $\pm$ 2,47 Ca	19	83,2 $\pm$ 3,52 BCa	20
	Testemunha	98,8 $\pm$ 0,82 Aa	19	90,7 $\pm$ 2,53 ABb	20
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	97,1 $\pm$ 1,63 ABa	20	66,7 $\pm$ 5,04 BCb	19
	Deltametrina	95,5 $\pm$ 1,53 Ba	20	46,1 $\pm$ 5,20 Db	20
	Espinetoram	-	20	-	19
	Flubendiamida	97,4 $\pm$ 1,00 ABa	20	59,3 $\pm$ 5,25 CDb	20
	Indoxacarbe	99,4 $\pm$ 0,56 Aa	20	95,3 $\pm$ 1,88 Aa	20
	Novalurom	96,2 $\pm$ 2,25 ABa	20	75,2 $\pm$ 4,63 Bb	19
	Testemunha	98,3 $\pm$ 0,94 ABa	19	90,3 $\pm$ 2,29 Ab	20

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ), comparando espécie de parasitoide entre os hospedeiros.

#### 4.1.2.2 Emergência de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* de ovos tratados com inseticidas no estágio de pupa

Quando as pulverizações foram realizadas na fase de pupa (sete dias após o parasitismo), a porcentagem de emergência foi superior a 90% para *T. atopovirilia* ( $H=10,43$ ;  $p=0,063$ ) e *T. pretiosum* ( $H=24,76$ ;  $p < 0,001$ ) em ovos de *A. gemmatalis*, exceto para deltametrina em *T. pretiosum* onde foi registrado 88,5%, e espinetoram onde não houve emergência de nenhum dos parasitoides (Tabela 5).

Em ovos de *C. includens*, não houve diferença estatística entre flubendiamida, indoxacarbe e novalurom em relação à testemunha em *T. atopovirilia* ( $H=27,45$ ;  $p < 0,001$ ), enquanto que deltametrina diminuiu a emergência. Em ovos desse hospedeiro além de espinetoram, o tratamento com clorpirifós também não permitiu a emergência de parasitoides. Em *T. pretiosum* ( $H=41,55$ ;  $p < 0,001$ ), todos os tratamentos interferiram na emergência, com exceção de novalurom que não apresentou diferença estatística em relação à testemunha, com um índice de

emergência superior a 90%. Como nos demais tratamentos com espinetoram, não houve emergência de *T. pretiosum* (Tabela 5).

Assim como nas pulverizações realizadas um dia após o parasitismo, houve mais emergência em ovos de *A. gemmatalis* do que em *C. includens* quando os ovos foram pulverizados sete dias após o parasitismo. Essa diferença foi observada em ovos tratados com deltametrina ( $U=27,50$ ;  $p<0,001$ ) e flubendiamida ( $U=102,50$ ;  $p=0,008$ ) em *T. atopovirilia*, enquanto que para *T. pretiosum*, com exceção da testemunha ( $U= 188,00$ ;  $p=0,966$ ), houve diferença na emergência em todos os tratamentos comparados entre os hospedeiros (Tabela 5).

**Tabela 5.** Média ( $\pm$  EP) da porcentagem de emergência de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* em ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* tratados com inseticidas sete dias após o parasitismo.

Espécie	Inseticida	% Emergência			
		<i>A. gemmatalis</i>	<i>n</i>	<i>C. includens</i>	<i>n</i>
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	99,5 $\pm$ 0,53 A	19	-	-
	Deltametrina	94,5 $\pm$ 2,19 ABa	19	56,6 $\pm$ 6,31 Bb	20
	Espinetoram	-	-	-	-
	Flubendiamida	97,4 $\pm$ 1,27 ABa	20	79,6 $\pm$ 5,05 Ab	20
	Indoxacarbe	93,9 $\pm$ 1,51 Ba	20	88,6 $\pm$ 2,92 Aa	20
	Novalurom	95,7 $\pm$ 1,75 ABa	20	91,5 $\pm$ 1,93 Aa	20
	Testemunha	93,9 $\pm$ 2,08 Ba	20	90,4 $\pm$ 2,18 Aa	20
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	97,8 $\pm$ 1,01 Aa	20	57,0 $\pm$ 6,33 Cb	20
	Deltametrina	88,5 $\pm$ 3,68 Ba	20	59,0 $\pm$ 5,70 Cb	20
	Espinetoram	-	-	-	-
	Flubendiamida	100,0 $\pm$ 0,00 Aa	20	70,9 $\pm$ 3,87 BCb	18
	Indoxacarbe	97,9 $\pm$ 0,94 Aa	20	75,5 $\pm$ 3,88 Bb	20
	Novalurom	97,8 $\pm$ 1,28 Aa	19	90,8 $\pm$ 2,04 Ab	20
	Testemunha	94,2 $\pm$ 1,35 Ba	20	89,9 $\pm$ 3,09 Aa	19

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p<0,05$ ), comparando espécie de parasitoide entre os hospedeiros.

Clorpirifós não diferiu da testemunha para *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* em ovos de *A. gemmatalis* pulverizados um (Tabela 4) e sete dias após o parasitismo (Tabela 5); contudo, em ovos de *C. includens*, a emergência de *T. atopovirilia* foi significativamente afetada no tratamento de um dia e não houve emergência quando pulverizado sete dias após o parasitismo. Essa diferença, deve-se ao fato de que os tratamentos pulverizados na fase de pupa foram próximos à emergência dos

parasitoides, sendo assim, os resíduos do inseticida estavam mais intensos em comparação às pulverizações realizadas na fase de ovo-larva, pois há uma diferença de seis dias entre as duas fases avaliadas. Durante esse intervalo de tempo, possivelmente os resíduos do inseticida tenham degradado, o que não ocorreu nos ovos tratados na fase de pupa. Nesse contexto, possivelmente o inseticida tenha conseguido penetrar o córion do ovo desse hospedeiro, não podendo ter ocorrido a contaminação através da ingestão dos resíduos do inseticida contidos no córion pois a mesma metodologia e concentração do inseticida foram utilizadas para as duas espécies de hospedeiros avaliadas, e essas observações só foram verificadas em *C. includens*. O mesmo comportamento foi observado para *T. pretiosum*, porém, de forma menos agressiva, pois nas duas épocas de aplicação houve decréscimo e não ausência de emergência, corroborando com a hipótese de que *T. pretiosum* é mais tolerante a esse inseticida como foi observado na Figura 1 e Tabela 2.

Por outro lado, a ausência de emergência nos tratamentos realizados com espinetoram provavelmente foi ocasionada pela ingestão de resíduos do inseticida contidos no córion durante a abertura do orifício de emergência para a saída do parasitoide, e não pela penetração do inseticida através do córion. Isso se deve à observação de um grande número de parasitoides em estágio adulto retidos nos ovos dos hospedeiros; esse comportamento foi verificado nas pulverizações realizadas um e sete dias após o parasitismo. Cônsoli et al. (2001) também verificaram mortalidade de *T. galloi*, quando cartelas contendo o parasitoide em estágios imaturos foram imersas em calda contendo espinosade, atribuindo a mortalidade por contato ou ingestão aos resíduos contidos no córion. Maia et al. (2013) constataram que espinosade foi o produto que apresentou maior redução na porcentagem de emergência de *T. atovovirilia* em ovos de *A. kuehniella* quando tratados na fase de pupa, seguido por clorpirifós; novalurom por sua vez apresentou-se similar a testemunha. Em contraste, testando espinetoram em *T. chilonis* não foi constatado efeito adverso no desenvolvimento e emergência dos adultos, em ovos tratados nos estágios de ovo, larva e pupa (VISNUPRIYA & MUTHUKRISHNAN, 2016). Pulverizando clorpirifós, espinosade e novalurom nos estágios de ovo-larva, pré-pupa e pupa de *T. atovovirilia*, Maia et al. (2013) observaram que independente do estágio, espinosade foi altamente tóxico ao parasitoide, diminuindo drasticamente a emergência dos adultos. Clorpirifós não afetou os estágios de ovo-larva e pré-pupa,

afetando somente o estágio de pupa, enquanto novalurom foi seletivo permitindo a emergência acima de 90% em todos os estágios.

As diferenças observadas decorrentes do uso de hospedeiros naturais, devem-se ao fato de que os ovos hospedeiros naturais possuem maior número de aerópilos, que são estruturas no córion que permitem a entrada de oxigênio para o desenvolvimento do embrião da larva. O contrário se observa em ovos de hospedeiro fictícios, uma vez que larvas e adultos dessas espécies se desenvolvem em condições de seca, em farinhas e grãos armazenados. Um pequeno número de aerópilos diminui a perda de água, protegendo os ovos contra a dessecação. A presença de aerópilos aumenta a suscetibilidade dos parasitoides que se desenvolvem nos ovos, sendo que os hospedeiros naturais utilizados nesse estudo possuem um número maior dessas estruturas (CÔNSOLI et al., 1999b; ROLIM et al., 2013). Quanto maior o número de aerópilos maior a chance do inseticida penetrar através do córion.

Novalurom mostrou-se mais tóxico nas pulverizações realizadas um dia após o parasitismo para ambos os parasitoides e hospedeiros estudados. O mesmo foi observado por Cônsoli et al. (2001) com lufenurom e triflumurom. Isto se deve ao fato de que os estágios mais tardios possuem menor sensibilidade aos inibidores do crescimento, pois esses inseticidas agem na formação de nova cutícula no inseto; contudo na fase de pupa o parasitoide já teria acumulado quitina suficiente para formar a nova cutícula. Carvalho et al. (2010) constataram que novalurom e triflumurom reduziram a emergência de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* quando aplicados nas fases de ovo-larva enquanto lufenurom foi inócuo. Na fase de pupa nenhum dos inseticidas afetou a emergência.

No presente estudo, de modo geral, deltametrina afetou mais a emergência em comparação a clorpirifós, havendo diferenças tanto em relação ao parasitoide quanto ao hospedeiro estudado. Geralmente organofosforados são mais tóxicos que piretroides; no entanto pode haver uma variação individual entre os inseticidas e também entre as espécies de parasitoides testadas (YOUSSEF et al., 2004); esses autores relataram que deltametrina foi mais tóxico para adultos e pupas de *T. cacoeciae* do que o organofosforado malathion.

Liu & Zhang, (2012) pulverizando indoxacarbe em diferentes estágios imaturos de *T. brassicae* e *T. pretiosum* desenvolvendo-se em ovos de *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), não constataram efeito significativo em nenhum



dos estágios. Contudo, os autores verificaram uma relação entre a concentração de espinosade e a emergência na fase de pupa, para ambas as espécies.

Os resultados demonstram diferenças na seletividade em função da época de aplicação, espécie de parasitoide e do hospedeiro utilizado, fato também constatado em pesquisas anteriores. Bastos et al. (2007) aplicando deltametrina e novalurom no estágio pupal de *T. pretiosum* em ovos de dois hospedeiros fictícios, observaram que houve mais emergência em deltametrina em *A. kuehniella*, enquanto que para novalurom maior emergência foi observada em *S. cerealella*. De modo geral, os parasitoides foram mais afetados quando se desenvolveram em ovos de *A. kuehniella*. Os autores sugerem que tais resultados foram reflexo de diferenças morfológicas nos ovos de ambos os hospedeiros e que as diferenças encontradas em condições de laboratório podem ser mais evidentes quando utilizado hospedeiros naturais em bioensaios. Pratissoli et al. (2008) constataram que cartap, lufenurom e thiamethozam afetaram a emergência de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*, *S. cerealella* e *A. gemmatilis* em pulverizações realizadas na fase de ovo-larva e pupa. Os resultados mostraram que a emergência foi altamente influenciada pela espécie hospedeira em ambos os casos, sendo que as maiores taxas de emergência foram observadas no hospedeiro natural *A. gemmatilis*.

#### 4.3 EFEITOS SUBLETAIS NAS PROGÊNIES DE *T. atopovirilia* E *T. pretiosum* PROVENIENTES DE OVOS TRATADOS COM INSETICIDAS UM E SETE DIAS APÓS O PARASITISMO

##### 4.3.1 Capacidade de parasitismo dos adultos provenientes de ovos tratados com inseticidas

###### 4.3.1.1 Um dia após o parasitismo

O parasitismo acumulado para ambos os parasitoides provenientes de ovos tratados com inseticidas um dia após o parasitismo foram superiores em ovos de *A. gemmatilis* do que em *C. includens* (Tabela 6).

A capacidade reprodutiva da progênie de *T. atopovirilia* originada de *A. gemmatilis* ( $H=50,75$ ;  $p<0,001$ ), foi afetada negativamente por todos os inseticidas

em relação à testemunha, onde reduções de mais de 50% foram observadas em flubendiamida e novalurom. Para *T. pretiosum* ( $H=26,41$ ,  $p<0,001$ ), clorpirifós, deltametrina e flubendiamida apresentaram os melhores índices de parasitismo acumulado. Para *C. includens* em *T. atopovirilia* ( $H=44,66$ ;  $p<0,001$ ) os melhores resultados foram com flubendiamida e indoxacarbe, enquanto os piores foram observados em deltametrina e novalurom. Em *T. pretiosum* ( $H=28,30$ ;  $p<0,001$ ), somente indoxacarbe não diferiu da testemunha, havendo redução no parasitismo nos demais tratamentos (Tabela 6). Não houve emergência para ambos os parasitoides em ovos tratados com espinetoram (Tabela 4), não sendo possível avaliar a capacidade reprodutiva nesses tratamentos.

Fêmeas de *T. atopovirilia* oriundas de ovos de *C. includens* tratados com flubendiamida e indoxacarbe, apresentaram um significativo aumento na capacidade de parasitismo, sendo cerca de 40% superiores em comparação à testemunha. Esse resultado pode indicar a ocorrência de hormese, caracterizado como um fenômeno dose-resposta, caracterizado por uma inversão da resposta entre doses baixas e elevadas de um agente estressor, tal como um inseticida (GUEDES; CUTLER, 2013), podendo afetar diferentes características biológicas, e geralmente é definida como um efeito estimulatório que pode ser maior que 30% em relação ao controle (CHAPMAN, 2001).

Kmecl & Jerman (2000) descrevem que o efeito de hormese é mais observado em relação à estimulação no crescimento, contudo, podem ocorrer em outros parâmetros como na longevidade, reprodução e resistência à doença. Luckey (1968) cita que muitos casos de ressurgência de pragas, principalmente fitófagas, podem ser explicadas pela hormese, devido ao favorecimento no desempenho. Nesse sentido, Pratissoli et al. (2010) observaram que a capacidade de parasitismo de *T. atopovirilia* aumentou significativamente em ovos tratados com o fungicida azoxistrobina.

**Tabela 6.** Média ( $\pm$  EP) do número de ovos parasitados de progênes de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* oriundas de ovos tratados com inseticidas um dia após o parasitismo.

Espécie	Inseticida	<i>A. gemmatalis</i>	<i>C. includens</i>
		♀	♀
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	28,1 $\pm$ 4,56 C	-
	Deltametrina	34,4 $\pm$ 2,05 BCa	10,7 $\pm$ 2,29 Cb
	Flubendiamida	21,4 $\pm$ 1,94 Da	32,9 $\pm$ 2,44 Ab
	Indoxacarbe	38,7 $\pm$ 3,82 Ba	33,7 $\pm$ 3,66 Aa
	Novalurom	20,5 $\pm$ 1,46 Da	10,8 $\pm$ 2,73 Cb
	Testemunha	46,2 $\pm$ 1,65 Aa	23,4 $\pm$ 1,35 Bb
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	31,8 $\pm$ 2,42 ABa	17,6 $\pm$ 2,02 Bb
	Deltametrina	35,8 $\pm$ 1,82 Aa	18,6 $\pm$ 2,76 Bb
	Flubendiamida	35,8 $\pm$ 1,46 Aa	18,9 $\pm$ 1,62 Bb
	Indoxacarbe	24,5 $\pm$ 2,07 Da	29,8 $\pm$ 2,74 Aa
	Novalurom	25,5 $\pm$ 1,95 CDa	21,3 $\pm$ 1,41 Ba
	Testemunha	30,2 $\pm$ 2,36 BCa	28,2 $\pm$ 1,36 Aa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ), comparando espécie de parasitoide entre os hospedeiros.

#### 4.3.1.2 Sete dias após o parasitismo

Assim como observado nas progênes oriundas de pulverizações realizadas um dia após o parasitismo, o parasitismo acumulado dos descendentes dos tratamentos de sete dias após o parasitismo foram significativamente maiores em ovos de *A. gemmatalis* (Tabela 7).

*Trichogramma atopovirilia* ( $H = 73,91$ ;  $p < 0,001$ ), em ovos de *A. gemmatalis* apresentou o maior índice de parasitismo na progênie proveniente de indoxacarbe, enquanto os demais tratamentos parasitaram menos que a testemunha. Para *T. pretiosum* ( $H = 15,64$ ;  $p = 0,007$ ) em ovos de *A. gemmatalis*, todos os tratamentos foram superiores à testemunha, a qual não diferiu apenas de novalurom (Tabela 7).

Todos os tratamentos foram inferiores à testemunha em *T. atopovirilia* ( $H = 34,47$ ;  $p < 0,001$ ) originados de ovos de *C. includens*. Em *T. pretiosum* ( $H = 8,12$ ;  $p = 0,149$ ), a descendência de ovos tratados com flubendiamida parasitaram aproximadamente 20% a mais do que os tratamentos com clorpirifós e indoxacarbe, os quais apresentaram os menores valores (Tabela 7).

Quando comparado o parasitismo entre os hospedeiros, não houve diferença nos tratamentos com flubendiamida ( $U=175,50$ ;  $p=0,516$ ) para *T. atopovirilia*, enquanto que para *T. pretiosum*, novalurom ( $U=127,50$ ;  $p=0,049$ ) e testemunha ( $U=153,00$ ;  $p=0,208$ ) também não apresentaram diferença. Não foi avaliada a capacidade de parasitismo de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* oriundas de ovos pulverizados com espinetoram, uma vez que não houve emergência em ovos de ambos os hospedeiros (Tabela 5).

Novalurom afetou a capacidade de parasitismo de *T. atopovirilia* nos dois hospedeiros avaliados. Resultados similares foram encontrados por Cônsoli et al. (2001) em que de fêmeas de *T. galloi* emergentes de pulverizações realizadas no estágio de pupa com lufenuron e triflumuron, parasitaram menos ovos em relação à testemunha. O mesmo foi observado por Cônsoli et al. (1998), onde a capacidade de parasitismo de fêmeas de *T. pretiosum* provenientes de inseticidas aplicados na fase de ovo-larva com tebufenozide e teflubenzurom foram inferiores à testemunha, enquanto lambdacialotrina e abamectina não diferiram da testemunha. Quando pulverizados no estágio de pupa, somente fêmeas tratadas com abamectina foram significativamente diferentes dos demais tratamentos.

Resultados controversos foram encontrados por Vianna et al. (2008) avaliando a capacidade de parasitismo de duas populações de *T. pretiosum* oriundas de ovos tratados com inseticidas, constatando que lufenuron e triflumuron não diferiram da testemunha para uma das populações, enquanto que para a outra, o parasitismo foi afetado por ambos os inseticidas, sendo que nesse caso o maior parasitismo foi observado em ovos tratados com *Bacillus thuringiensis* e não na testemunha. Carvalho et al. (2010) também constaram que não houve diferença no parasitismo de fêmeas de *T. pretiosum* originadas de ovos de *A. kuehniella* tratados com novalurom e lufenurom na fase de ovo-larva em relação à testemunha, enquanto triflumuron apresentou um decréscimo no parasitismo. Quando pulverizado na fase de pupa, triflumuron foi o único que apresentou porcentagem de parasitismo inferior aos demais tratamentos. Em outro estudo, Maia et al. (2013) não verificaram diferenças no parasitismo de progênie de *T. atopovirilia* em ovos de *A. kuehniella* descendentes de ovos tratados com novalurom e triflumuron nas mesmas fases avaliadas nesse estudo.

Fêmeas de *T. pretiosum* provenientes de ovos de *A. gemmatalis* tratados com clorpirifós, deltametrina, flubendiamida e indoxacarbe apresentaram capacidade reprodutiva superior a 30% em relação à testemunha, também podendo ter ocorrido hormese.

**Tabela 7.** Média ( $\pm$  EP) do número de ovos parasitados de progênes de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* oriundas de ovos tratados com inseticidas sete dias após o parasitismo.

Espécie	Inseticida	<i>A. gemmatalis</i>	<i>C. includens</i>
		♀	♀
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	17,1 $\pm$ 1,19 D	-
	Deltametrina	22,0 $\pm$ 2,45 CDa	8,2 $\pm$ 1,63 Cb
	Flubendiamida	19,8 $\pm$ 2,69 DEa	18,1 $\pm$ 3,18 Ba
	Indoxacarbe	52,2 $\pm$ 0,70 Aa	5,3 $\pm$ 1,59 Cb
	Novalurom	26,4 $\pm$ 2,21 Ca	15,5 $\pm$ 1,60 Bb
	Testemunha	43,6 $\pm$ 2,33 Ba	20,7 $\pm$ 1,57 Ab
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	37,2 $\pm$ 1,84 Aa	19,6 $\pm$ 2,36 Bb
	Deltametrina	35,5 $\pm$ 2,45 Aa	22,9 $\pm$ 2,68 ABb
	Flubendiamida	34,6 $\pm$ 2,16 Aa	26,0 $\pm$ 2,43 Ab
	Indoxacarbe	38,3 $\pm$ 2,58 Aa	19,9 $\pm$ 1,72 Bb
	Novalurom	31,8 $\pm$ 2,21 ABa	25,4 $\pm$ 2,28 ABa
	Testemunha	26,6 $\pm$ 2,15 Ba	23,0 $\pm$ 1,84 ABa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ) comparando espécie de parasitoide, entre os hospedeiros.

#### 4.3.2 Longevidade de adultos provenientes de ovos tratados com inseticidas

##### 4.3.2.1 Adultos emergidos de ovos tratados um dia após o parasitismo

Machos ( $H=17,19$ ;  $p=0,004$ ) e fêmeas ( $H=31,08$ ;  $p<0,001$ ) de *T. atopovirilia* oriundos de ovos pulverizados com inseticidas um dia após o parasitismo, foram mais longevos quando ovos de *A. gemmatalis* foram tratados com deltametrina, nesse caso para fêmeas não diferindo da testemunha (Tabela 8). Clorpirifós, flubendiamida e novalurom foram os tratamentos que ocasionaram as menores longevidades para machos, enquanto que para fêmeas, somente clorpirifós reduziu drasticamente a longevidade de adultos provenientes de ovos de *A. gemmatalis*. Machos de *T. pretiosum* ( $H=27,49$ ,  $p<0,001$ ) oriundos de ovos tratados com deltametrina,

flubendiamida e indoxacarbe tiveram uma longevidade semelhante à testemunha; o mesmo foi observado para fêmeas dessa espécie ( $H= 17,06$ ;  $p=0,004$ ).

Nas progênes de *C. includens*, machos de *T. atopovirilia* ( $H=12,85$ ;  $p=0,011$ ) viveram mais nos tratamentos com flubendiamida e novalurom, enquanto o inseticida indoxacarbe afetou significativamente a longevidade. Fêmeas ( $H=14,73$ ;  $p= 0,005$ ) provenientes de ovos tratados com indoxacarbe e flubendiamida foram mais longevas que a testemunha (Tabela 8).

Em *T. pretiosum*, machos ( $H= 11,91$ ;  $p=0,035$ ) e fêmeas ( $H=28,61$ ;  $p <0,001$ ) apresentaram maior longevidade quando emergiram de ovos de *C. includens* tratados com flubendiamida e novalurom; para fêmeas clorpirifós também destacou-se.

A longevidade de machos e fêmeas de *T. pretiosum* em ovos não pulverizados com inseticidas foi cerca de duas vezes maior do que a de *T. atopovirilia*, em ambos os hospedeiros (Tabela 8).

Não houve avaliação da longevidade de ambos os sexos de *T. atopovirilia* no tratamento com clorpirifós e espinetoram em ovos de *C. includens* devido à ausência de emergência nesses tratamentos (Tabela 4).

Não houve diferenças na longevidade entre machos e fêmeas de *T. pretiosum*, originados de ovos de *A. gemmatilis*, no entanto para *T. atopovirilia*, fêmeas oriundas de ovos tratados com deltametrina e novalurom foram mais longevas. Em ovos de *C. includens*, os resultados foram semelhantes, com exceções de machos de *T. atopovirilia* que apresentaram maior longevidade no tratamento novalurom comparado com fêmeas e em clorpirifós para *T. pretiosum* onde fêmeas viveram mais que machos.

Fêmeas de *T. atopovirilia* oriundas de ovos de *A. gemmatilis* tratados com deltametrina e de *C. includens* tratados com flubendiamida, apresentaram um aumento significativo na longevidade, indicando possivelmente a ocorrência de hormese nesse parasitoide, visto que a longevidade em todos os casos foram entre 33 à 40% acima da registrada na testemunha.

**Tabela 8.** Longevidade (Média  $\pm$  EP) de fêmeas e machos de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* provenientes de ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* tratados com inseticidas um dia após o parasitismo.

Espécie	Inseticida	Longevidade (dias)			
		<i>A. gemmatalis</i>		<i>C. includens</i>	
		♂	♀	♂	♀
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	2,3 $\pm$ 0,22 Ca	2,2 $\pm$ 0,24 Ca	-	-
	Deltametrina	3,9 $\pm$ 0,43 Ab	4,8 $\pm$ 0,30 Aa	2,5 $\pm$ 0,20 BCa	2,4 $\pm$ 0,20 BCa
	Flubendiamida	2,4 $\pm$ 0,53 Ca	3,0 $\pm$ 0,38 BCa	3,2 $\pm$ 0,30 Aa	3,1 $\pm$ 0,24 Aa
	Indoxacarbe	2,6 $\pm$ 0,39 BCa	3,2 $\pm$ 0,38 Ba	2,2 $\pm$ 0,09 Ca	2,6 $\pm$ 0,11 ABa
	Novalurom	2,4 $\pm$ 0,26 Cb	3,9 $\pm$ 0,36 Ba	3,0 $\pm$ 0,20 ABa	2,2 $\pm$ 0,09 BCb
	Testemunha	3,1 $\pm$ 0,20 ABa	3,6 $\pm$ 0,22 Ba	2,5 $\pm$ 0,26 BCa	2,2 $\pm$ 0,22 Ca
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	3,8 $\pm$ 0,49 Ca	4,7 $\pm$ 0,81 Ca	5,4 $\pm$ 0,77 Bb	7,9 $\pm$ 0,73 Aa
	Deltametrina	7,4 $\pm$ 0,62 Aa	7,1 $\pm$ 0,66 ABa	4,7 $\pm$ 0,42 Ba	4,4 $\pm$ 0,37 Ca
	Flubendiamida	6,5 $\pm$ 0,45 ABa	6,9 $\pm$ 0,63 ABa	6,5 $\pm$ 0,44 Aa	6,6 $\pm$ 0,28 ABa
	Indoxacarbe	6,8 $\pm$ 0,66 Aa	8,6 $\pm$ 0,56 Aa	5,3 $\pm$ 0,48 Ba	4,7 $\pm$ 0,51 Ca
	Novalurom	5,1 $\pm$ 0,43 BCa	6,2 $\pm$ 0,67 BCa	5,9 $\pm$ 0,45 ABa	7,6 $\pm$ 0,73 Aa
	Testemunha	7,1 $\pm$ 0,54 Aa	7,8 $\pm$ 0,92 ABa	5,5 $\pm$ 0,62 Ba	5,7 $\pm$ 0,42 BCa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ), comparando espécie de parasitoide entre os hospedeiros.

#### 4.3.2.2 Adultos emergidos de ovos tratados sete dias após o parasitismo

A longevidade em machos de *T. atopovirilia* ( $H=28,11$ ;  $p<0,001$ ) provenientes de ovos de *A. gemmatilis* foi afetada por clorpirifós, os quais viveram 50% menos em comparação a testemunha. As maiores longevidades foram nos tratamentos com deltametrina e testemunha. Fêmeas ( $H=27,23$ ;  $p<0,001$ ), não foram afetadas pelos tratamentos deltametrina, flubendiamida e indoxacarbe (Tabela 9). Em *T. pretiosum*, machos ( $H=42,41$ ;  $p<0,001$ ) e fêmeas ( $H=61,98$ ;  $p<0,001$ ) apresentaram um acréscimo de 30 e 58% na longevidade quando oriundos de ovos pulverizados com deltametrina, enquanto todos os demais tratamentos foram inferiores.

Em *C. includens* a longevidade de machos de *T. atopovirilia* ( $H=12,93$ ;  $p=0,011$ ) foi afetada por indoxacarbe, sendo que os demais tratamentos não diferiram da testemunha. Fêmeas ( $H=28,01$ ;  $p<0,001$ ) oriundas de ovos pulverizados com deltametrina foram as mais longevas em relação aos demais tratamentos, enquanto que a longevidade de adultos oriundos de clorpirifós não foi avaliada pois não houve emergência de adultos (Tabela 9). A duração de vida de machos de *T. pretiosum* ( $H=22,76$ ;  $p<0,001$ ) em *C. includens* não diferiu nos tratamentos com deltametrina, indoxacarbe e novalurom em relação à testemunha; já clorpirifós afetou significativamente esse parâmetro. Deltametrina apresentou a maior longevidade entre fêmeas de *T. pretiosum* ( $H=36,98$ ;  $p<0,001$ ) em *C. includens*, não diferindo da testemunha. Flubendiamida por sua vez, foi o inseticida que ocasionou a maior redução no tempo de vida das fêmeas (Tabela 9).

Em *T. pretiosum*, também foi observado que machos e fêmeas emergidos de ovos de *A. gemmatilis* pulverizados com deltametrina demonstraram uma longevidade superior a 30% em relação à testemunha. Corroborando com a hipótese de ter ocorrido hormese em alguns tratamentos. Jucelino Filho (2002) detectou hormese no percevejo predador *Podisus distinctus* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) induzido pelo piretróide permetrina, que prolongou a longevidade dos adultos.

Clorpirifós reduziu a longevidade de machos e fêmeas de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* provenientes dos dois hospedeiros estudados (Tabela 9).

A longevidade de machos e fêmeas de *T. atopovirilia* no tratamento aos sete dias após o parasitismo foi cerca de três vezes menor do que *T. pretiosum* emergidos de ovos de *C. includens* na testemunha não tratada com inseticidas. Deltametrina foi o menos prejudicial às fêmeas de *T. atopovirilia*. Não foi possível avaliar o efeito de



espinetoram sobre adultos desse parasitoide, assim como em fêmeas provenientes do tratamento com clorpirifos, em vista da mortalidade total registrada nesses tratamentos (Tabela 5) por ocasião da emergência dos adultos.

Clorpirifós e flubendiamida causaram as maiores reduções na longevidade de ambos os sexos de *T. pretiosum*, além de indoxacarbe nas fêmeas, todos significativamente afetados em relação à testemunha (Tabela 9). Não houve emergência de machos e fêmeas de *T. pretiosum* de ovos tratados com espinetoram (Tabela 5), o que inviabilizou a avaliação da longevidade neste tratamento.

**Tabela 9.** Longevidade (Média  $\pm$  EP) de fêmeas e machos de *T. atopovirilia* e *T. pretiosum* provenientes de ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* tratados com inseticidas sete dias após o parasitismo.

Espécie	Inseticida	Longevidade (dias)			
		<i>A. gemmatalis</i>		<i>C. includens</i>	
		♂	♀	♂	♀
<i>T. atopovirilia</i>	Clorpirifós	2,7 $\pm$ 0,30 Da	3,1 $\pm$ 0,32 Da	-	-
	Deltametrina	6,1 $\pm$ 0,77 Aa	5,6 $\pm$ 0,71 ABCa	2,6 $\pm$ 0,20 Aa	2,5 $\pm$ 0,23 Aa
	Flubendiamida	4,1 $\pm$ 0,35 BCb	5,6 $\pm$ 0,31 Aa	2,7 $\pm$ 0,33 Aa	2,0 $\pm$ 0,15 Ba
	Indoxacarbe	4,6 $\pm$ 0,47 ABCa	5,5 $\pm$ 0,38 ABa	1,8 $\pm$ 0,33 Ba	1,2 $\pm$ 0,09 Ca
	Novalurom	3,8 $\pm$ 0,48 CDa	4,2 $\pm$ 0,48 CDa	2,3 $\pm$ 0,18 Aa	1,9 $\pm$ 0,14 Ba
	Testemunha	5,8 $\pm$ 0,41 Aa	4,6 $\pm$ 0,15 BCa	2,4 $\pm$ 0,27 Aa	2,1 $\pm$ 0,22 Ba
<i>T. pretiosum</i>	Clorpirifós	4,9 $\pm$ 0,62 Da	3,1 $\pm$ 0,48 Db	3,1 $\pm$ 0,65 Cb	5,3 $\pm$ 0,36 CDa
	Deltametrina	10,1 $\pm$ 0,67 Ab	13,3 $\pm$ 0,98 Aa	5,1 $\pm$ 0,65 ABb	7,7 $\pm$ 0,64 Aa
	Flubendiamida	6,4 $\pm$ 0,52 Cb	9,6 $\pm$ 0,67 Ba	4,7 $\pm$ 0,34 BCa	3,8 $\pm$ 0,30 Ea
	Indoxacarbe	6,5 $\pm$ 0,52 Ca	7,4 $\pm$ 0,34 Ca	6,2 $\pm$ 0,36 Aa	4,2 $\pm$ 0,45 DEb
	Novalurom	5,3 $\pm$ 0,40 Db	7,7 $\pm$ 0,65 Ca	6,6 $\pm$ 0,53 Aa	6,3 $\pm$ 0,65 BCa
	Testemunha	7,8 $\pm$ 0,36 Ba	8,4 $\pm$ 0,39 BCa	6,2 $\pm$ 0,40 Aa	7,1 $\pm$ 0,45 ABa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula nas colunas e minúsculas em linhas não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ( $p < 0,05$ ), comparando espécie de parasitoide entre os hospedeiros.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos na presente pesquisa, podemos concluir que o grau de seletividade dos inseticidas avaliados foi significativamente afetado pelo estágio de desenvolvimento dos parasitoides, e pela espécie de parasitoide e de hospedeiro utilizados nas avaliações. Clorpirifós e espinetoram causaram mortalidade total de fêmeas de *T. atopovirilia* 24 horas após contato com ovos de *A. gemmatalis* e *C. includens* tratados com esses inseticidas. Em *T. pretiosum*, ambos inseticidas também reduziram a sobrevivência das fêmeas. Clorpirifós impediu a oviposição de fêmeas de *T. atopovirilia* em ovos previamente tratados. Apesar da alta mortalidade das fêmeas dos dois parasitoides após 24 horas, espinetoram não impediu a oviposição antes de sua morte.

A porcentagem de parasitismo por *T. atopovirilia* em ovos previamente tratados foi significativamente reduzida por todos os inseticidas nos dois hospedeiros, exceto por flubendiamida em ovos de *A. gemmatalis*. Para *T. pretiosum*, clorpirifós, indoxacarbe e novaluron não reduziram estatisticamente a porcentagem de parasitismo em ovos de *A. gemmatalis*. Em ovos de *C. includens* no entanto, a taxa de parasitismo foi significativamente reduzida por todos os inseticidas.

Nenhum inseticida afetou significativamente a razão sexual dos dois parasitoides, independentemente do hospedeiro em que se desenvolveram.

Em ovos tratados com inseticidas um ou sete dias após o parasitismo, mais de 85% dos adultos dos dois parasitoides emergiram dos ovos de *A. gemmatalis*. Em ovos de *C. includens*, a emergência dos dois parasitoides um dia após o parasitismo foi significativamente afetada por todos os tratamentos, exceto por indoxacarbe tanto em *T. atopovirilia*, quanto em *T. pretiosum*.

Nenhum inseticida impediu a reprodução dos dois parasitoides quando emergidos de ovos tratados um e sete dias após o parasitismo. Contudo, para os dois parasitoides houve variações entre os tratamentos, em alguns casos podendo indicar a ocorrência de hormese. O número de descendentes variou significativamente em função da idade dos parasitoides no momento da aplicação, da espécie de parasitoide e do hospedeiro em que se desenvolveram.

Adultos de *T. pretiosum* foram mais longevos do que *T. atopovirilia* e de um modo geral não houve diferença entre os sexos. A longevidade de *T. pretiosum*

destacou-se no tratamento dos ovos com deltametrina aos sete dias após o parasitismo, quando machos e fêmeas tiveram longevidade significativamente superior à testemunha, indicando um possível efeito hormético desse inseticida nas condições descritas

Com exceção de espinetoram, os novos inseticidas possuem alto grau de seletividade às duas espécies de *Trichogramma* em comparação aos inseticidas organofosforados e piretroides avaliados

*Trichogramma pretiosum* de modo geral, mostrou-se mais tolerante a aplicação dos inseticidas em todos os bioensaios.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente as recomendações de inseticidas considerados seletivos para o uso no Manejo Integrado de Pragas levam em consideração os resultados obtidos entre *Trichogramma* spp. em ovos de *A. kuehniella*, *S. cerealella* e *Corcyra cephalonica* (Stainton, 1865) (Lepidoptera: Pyralidae). Porém, esses resultados podem subestimar ou superestimar o efeito dos inseticidas. No presente estudo, as respostas dos inseticidas foram influenciadas pelo uso de diferentes espécies de parasitoides, bem como para as espécies de hospedeiros e época de aplicação.

Os resultados foram altamente divergentes em função da escolha de dois hospedeiros naturais e não de hospedeiros fictícios. Maior acurácia foi atingida, uma vez que, a simulação foi mais próxima da realidade dos agroecossistemas.

Os novos inseticidas flubendiamida, indoxacarbe e novalurom oferecem perspectivas positivas quanto ao grau de seletividade demonstradas neste trabalho. A única exceção foi registrada para espinetoram, o qual mostrou seletividade tão baixa quanto os organofosforados e piretroides em uso desde o século passado.

Os efeitos subletais e o fenômeno de hormese merecem estudos mais aprofundados e relacionados com as características intrínsecas de espécies de parasitoides e hospedeiros.

## REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em:< [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)> Acesso em: 23 Nov. 2016.

AMARO, J.T.; BUENO, A.F.; POMARI-FERNANDES, A.F.; NEVES, P.M.O.J. Selectivity of organic products to *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v.44, p.489-497, 2015.

AVANCI, M.R.F.; FOERSTER, L.A.; CAÑETE, C.L. Natural parasitism in eggs of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera, Noctuidae) by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera, Trichogrammatidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.49, p.148-151, 2005.

BASTOS, C.S.; De ALMEIDA, R.P., SUINAGA, F.A. Selectivity of pesticides used on cotton (*Gossypium hirsutum*) to *Trichogramma pretiosum* reared on two laboratory-reared hosts. **Pest Management Science**, v. 62, p. 91-98, 2006.

BERNARDI, O.; MALVESTITI, G.S.; DOURADO, P.M.; OLIVEIRA, W.S.; MARTINELLI, S.; BERGER, G.U.; HEAD, G.P.; OMOTO, C. Assessment of the high-dose concept and level of control provided by MON 87701 x MON 89788 soyben against *Anticarsia gemmatilis* and *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pest Management Science**, v.68, p.1083-1091, 2012.

BIONDI, A.; MOMMAERTS, V.; SMAGGHE, G.; VIÑUELA, E.; ZAPPALÀ, L. DESNEUX, N. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Management Science**, v.68, p.1523-1536, 2012.

BOTELHO, P.M. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In: PARRA, J.R.; 20 ZUCCHI, R.A. (Eds.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, p.303-318, 1997.

BULL, D.L.; COLEMAN, R.J. Effects of pesticides on *Trichogramma* spp.. **Southwestern Entomologist**, v.8, p.159-168, 1985.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; VIEIRA, S.S.; GOULART, M.M.P.; CARNEIRO, T.R. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v.77, n.2, p.283-290, 2010.

CARVALHO, G.A.; PARRA, J.R.P.; BAPTISTA, G.C. Ação residual de alguns inseticidas pulverizados em plantas de tomateiro sobre duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.4, p.770-775, 1999.

CARVALHO, G.A.; PARRA, J.R.P.; BAPTISTA, G.C. Impacto de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro na fase adulta de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, p.560-568, 2001.

CARVALHO, G.A.; PARRA, J.R.P.; BAPTISTA, G.C. Bioatividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL.) a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.261-270, 2003.

CARVALHO, G.A.; REIS, P.R.; ROCHA, L.C.D.; MORAES, J.C.; FUINI, L.C.; ECOLE, C.C. Side-effects of insecticides used in tomato fields on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, p.275-279, 2003b.

CARVALHO, G.A.; GODOY, M.S.; PARREIRA, D.S.; REZENDE, D.T. Effect of chemical insecticides used in tomato crops on immature *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v.36, p.10-15, 2010.

CASIDA, J.E.; DURKIN K.A. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance and secondary effects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 99-117, 2013.

CHAPMAN, P.M. The implications of hormesis to ecotoxicology and ecological risk assessment. **Human & Experimental Toxicology**, v.20, p.499-505, 2001.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Décimo segundo levantamento de safra. 2016.** Disponível em:< [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_09\\_09\\_15\\_18\\_32\\_boletim\\_12\\_setembro.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf)> Acesso em: 03 de nov.2016.

CAÑETE, C.L. **Seletividade de inseticidas a espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** 2005. 117f. Tese (doutorado em Ciências – Zoologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CORDOVA, D.; BENNER, E.A.; SACHER, M.D.; RAUH, J.J.; SOPA, J.S.; LAHM, G.P.; SELBY, T.P.; STEVENSON, T.M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D.F.; WU, L.; SMITH, R.M.; TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.84, p.196-214, 2006.

CÔNSOLI, F.L.; PARRA, J.R.P.; HASSAN, S.A. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 122, p.43-47, 1998.

CÔNSOLI, F. L.; ROSSI, M. M.; PARRA, J. R. P. Developmental time and characteristics of the immature stages of *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 43, p. 271-275, 1999a.

CÔNSOLI, F.L.; KITAJIMA, E.W.; PARRA, J.R.P. Ultrastructure of the natural and factitious host eggs of *Trichogramma galloi* Zucchi and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **International Journal of Insect Morphology and Embryology**, v.28, p.211-231, 1999b.

CÔNSOLI, F.L.; BOTELHO, P.S.M.; PARRA, J.R.P. Selectivity of insecticides to the egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988, (Hym., Trichogrammatidae). **Journal of Applied Entomology**, v.125, p.34-43, 2001.

CROFT, B. A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: John Wiley Interscience, 1990, 723 p.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.110-113, 2013.

DEGRANDE, P. E.; REIS, P. R.; CARVALHO, G. A.; BELARMINO, L. C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: Parra, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). **Controle biológico no Brasil - parasitóides e predadores**. Piracicaba: Manole, 10 p.71-93, 2002.

DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da Soja. In: **Tecnologia e Produção: Soja e Milho 2008/2009**. p.73-108, 2009.



DELPUECH, J.M.; MEYET, J. Reduction in the sex ratio of the progeny of a parasitoid wasp (*Trichogramma brassicae*) surviving the insecticide chlorpyrifos. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.45, p.203-208, 2003.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.81-106, 2007.

FOERSTER, L.A.; AVANCI, M.R.F. Egg parasitoids of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in soybeans. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v.28, p.545-548, 1999.

FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. In: Parra, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.). **Controle biológico no Brasil - parasitoides e predadores**. Piracicaba: Manole, p.95-114, 2002.

GAZZONI, D.L. Perspectivas do manejo integrado de pragas, in: Hoffmann-Campo, Spalding Corrêa-Ferreira, Moscardi, Eds. **Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Embrapa, 2012. 859 p, p. 789-829, 2012

GOULART, R.M.; De Bortoli, S.A.; THULER, R.T.; PRATISSOLI, D.; VIANA, C.L.T.P.; VOLPE, H.X.L. Avaliação da seletividade de inseticidas a *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.75, p.69-77, 2008.

GOULART, R.M.; VOLPE, H.X.L.; VACARI, A.M.; THULER, R.T.; BORTOLI, S.A. Insecticide selectivity to two species of *Trichogramma* in three different hosts, as determined by IOBC/WPRS methodology. **Pest Management Science**, v.68, p.240-244, 2012.

GRENNE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKESON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n. 4, p.488-497, 1976.

GUEDES, R.N.C.; CUTLER, G.C. Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science**, v.70, p.690-697, 2014.

HARDIN, M.R.; BENREY, B.; COLL, M.; LAMP, W.O.; RODERICK, G.K.; BARBOSA, P. Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. **Crop Protection**, v.14, p.3-18, 1995.

HASSAN, S. A. Guideline for evaluation of side-effect of plant protection product on *Trichogramma cacoeciae*. In: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR BIOLOGICAL CONTROL OF NOXIOUS ANIMALS AND PLANTS. **Working Group “Pesticide and beneficial Organisms”**, Montfavet, p.18-39., (Bulletin SROP 15/3), 1992.

HEWA-KAPUGE, S.; McDOUGALL, S.; HOFFMANN, A.R. Effects of methoxyfenozide, indoxacarb, and other insecticides on the beneficial egg parasitoid *Trichogramma nr. brassicae* (Hymenoptera:Trichogrammatidae) under laboratory and field conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, p.1083-1090, 2003.

HOFFMANN-CAMPO, C. B., OLIVEIRA, E. B., MOSCARDI, F. **Criação massal da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatalis*)**. Londrina: EMBRAPA CNPSo. 1985. 23p. (EMBRAPA CNPSo. Documentos, 10).

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L.J.; SOSA-GOMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: EMBRAPA Soja. 2000. 70p. (Circular Técnica, 30).

JUCELINO FILHO, P. Hormese: Um pouco de algo perigoso pode ser bom? 2002.60f. Tese (doutorado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2002.

KHAN, M.A.; KHAN, H.; RUBERSON, J.R. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pest Management Science**, v.71, p.1640-1648, 2015.

KMECL, P.; JERMAN, I. Biological effects of low-level environmental agents **Medical Hypotheses**, v.54, p.685-688, 2000.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v.43, p.243-270, 1998.

KSENTINI, I.; JARDAK, T.; ZEGHAL, N. *Bacillus thuringiensis*, deltamethrin and spinosad side-effects on three *Trichogramma* species. **Bulletin of Insectology**, v.63, p.31-37, 2010.

LIU, T-X.; ZHANG, Y. Side effects of two reduced-risk insecticides, indoxacarb and spinosad, on two species of *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on cabbage. **Ecotoxicology**, v. 21, p.2254-2263, 2012.

LUCKEY, T.D. Insect hormoligosis. **Journal of Economic Entomology**, v.61, p.7-12, 1968.

MAIA, J.B.; CARVALHO, G.A.; LEITE, M.I.S.; OLIVEIRA, R.L.; MAKYAMA, L. Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v.36, p.202-206, 2010.

MAIA, J.B.; CARVALHO, G.A.; OLIVEIRA, R.L.; LASMAR, O.; LEITE, M.I.S. Effects of insecticides used in corn on immature stages of *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v.39, p.205-210, 2013.

MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; HÄRTER, W.R.; CASTILHOS, R.V.; PASCHOAL, M.D.F. Seletividade de agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitoides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **BioAssay**, v.2, p.1-11, 2007.

MARCHIORO, C. A., FOERSTER, L. A. Performance of the wheat armyworm, *Mythimna sequax* Franclemont, on natural and artificial diets. **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 4, p. 288-295, 2012.

MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; PEREIRA, A.E.; ROCHA, L.C.D. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. **BioControl**, .51, p.769-778, 2006.

MOSCARDINI, V.F.; MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; LASMAR, O. Efeito residual de inseticidas sintéticos sobre *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae) em diferentes gerações. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.2, p.177-182, 2008.

MOSCARDI, F.; BUENO, A.F.; SOSA-GÓMEZ, D.R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; POMARI, A.F.; CORSO, I.C.; YANO, S.A.C. **Artrópodes que atacam as folhas da soja**, p. 213-334, in: HOFFMANN-CAMPO, SPALDING CORRÊA-FERREIRA, MOSCARDI, Eds. Manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Embrapa, 2012. 859 p.

NAVARRO, M. A. ***Trichogramma* spp. Producción, uso y manejo en Colombia.** Guadalajara de Buga, Imprectec, 1998, 176p.

OERKE, E.C.; DEHNE, H.W. Safeguarding production – losses in major crops and the role of crop protection. **Crop Protection**, v. 23, p.275-285, 2004.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R.A. (Eds.), ***Trichogramma e o controle biológico aplicado***. Piracicaba: FEALQ, p.121-150, 1997.

PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. *Trichogramma* no Brasil: viabilidade de uso após 12 vinte anos de pesquisa. **Neotropical Entomology**, v.33, n.3, p.271-282, 2004.

PAK, G.A.; OATMAN, E.R. Comparative life table, behavior and competition studies of *Trichogramma brevicapillum* and *T. pretiosum*. **Entomologia experimentalis et applicat**, v.32, p.68-79, 1982.

PARREIRA, D.S. **Seletividade de inseticidas reguladores de crescimento e de neonicotinóides a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2007. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Entomologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

PINTO, J.D. Taxonomia de Trichogrammatidae (Hymenoptera) com ênfase nos gêneros que parasitam Lepidoptera. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Eds). ***Trichogramma e o controle biológico aplicado***. Piracicaba: FEALQ., p.13-39, 1997.

PRATISSOLI, D.; VIANNA, U.R.; FURTADO, G.O.; ZANUNCIO, J.C.; POLANCZYK, R.A.; BARBOSA, W.F.; De CARVALHO, J.R. Seletividade de inseticidas a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v.35, p.347-353, 2009.

PRATISSOLI, D.; MILANEZ, A.M.; BARBOSA, W.F.; CELESTINO, F.N.; ANDRADE, G.S.; POLANCZYKI, R.A. Side effects on fungicides used in cucurbitaceous crop on *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Chilean Journal of Agriculture Research**, v.70, p.323-327, 2010.

PAZINI, J.B.; GRÜTZMACHER, A.D.; MARTINS, J.F.S.; PASINI, R.A.; RAKES, M. Selectivity of pesticides used in rice crop on *Telenomus podisi* and *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.46, p.327-335, 2016.

R DEVELOPMENTS CORE TEAM. **The R Project for statistical computing**. Disponível em: < <https://www.r-project.org/> >. Acessado em: 15 Nov. 2016.

ROLIM, A.A.S.G.; YANO, S.A.C.; SPECHT, A.; ANDRADE, C.G.T.J.; SOSA-GÓMEZ, D.R. Morphological and molecular characterization of the eggs of some noctuid species associated with soybean in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v.106, p.643-651, 2013.

SALIN, D.L. **Soybean transportation guide: Brasil 2015**. United States Department of Agriculture (USDA). Disponível em: < <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Brazil%20Soybean%20Transportation%20Guide%202015.pdf> > Acesso em: 03 de nov. 2016.

SATTAR, S.; FARMANULLAH; SALJOQI, A-U-R.; ARIF, M.; SATTAR, H.; QAZI, J.I. Toxicity of some new insecticides against *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and extended laboratory conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 43, p.1117-1125, 2011

SINDIVEG. **Sindicato Nacional da Industria de Produtos para Defesa Vegetal. Balanço 2015- Setor de agroquímicos confirma queda de vendas**. Disponível em: <<http://sindiveg.org.br/balanco-2015-setor-de-agroquimicos-confirma-queda-de-vendas/>> Acesso em: 3 de Julho 2016.

SPARKS, T.C.; CROUSE, G.D.; DRIPPS, J.E.; ANZEVENO, P.; MARTYNOW, J.; DeAMICIS, C.V.; GIFFORD, J. Neural network-based QSAR and insecticide discovery: spinetoram. **Journal of Computer-Aided Molecular Design**, v.22, p.393-401, 2008.

SPENCER, C.I.; YUILL, K.H.; BORG, J.J.; HANCOX, J.C.; KOZLOWSKI, R.Z. Actions of pyrethroid insecticides on sodium currents, action potentials, and contractile rhythm in isolated mammalian ventricular myocytes and perfused hearts. **The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v.298, p. 1067-1082, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D.R.; DELPIN, K.E.; MOSCARDI, F.; NOZAKI, M.H. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson epizootics and on populations of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. **Neotropical Entomology**, v.32, p.287-291, 2003.

SOUZA, J.R.; CARVALHO, G.A.; MOURA, A.P.; COUTO, M.H.G.; MAIA, J.B. Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in corn on survival, sex ratio, and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley offspring. **Chilean Journal of Agriculture Research**, v.73, p.122-127, 2013.

SOUZA, J.R. **Ação de inseticidas usados na cultura do milho a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879**. 2011. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração Entomologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

STEFANELLO JÚNIOR, G.J.; GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; DALMAZO, G.O.; PASCHOAL, M.D.F.; HÄRTER, W.R. Efeito de inseticidas usados na cultura do milho sobre a capacidade de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, p.187-194, 2008.

SUH, C.P.C.; ORR, D.B.; VAN DUYN, J.W. Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. **Journal of Economic Entomology**, v.93, p.577-583, 2000.

TANG, S.; TANG, G.; CHECK, R.A. Optimum timing for integrated pest management: Modelling rates of pesticide application and natural enemy releases. **Journal of Theoretical Biology**, v. 264, p.623-638, 2010.

TAYLOR, T.A.; STERN, V.M. Host-preference studies with the egg parasite *Trichogramma semifumatum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.64, p.1381-1390, 1971.

THOMPSON, G.D.; DUTTON, R.; SPARKS, T.C. Spinosad – a case study: an example from a natural products discovery programme. **Pest Management Science**, v.56, p.696-702, 2000.

VIANNA, U.R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C.; LIMA, E.R.; BRUNNER, J.; PEREIRA, F.F.; SERRÃO, J.E. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology**, v.18, p.180-186, 2009.

VINSON, S.B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitoide de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Eds). ***Trichogramma e o controle biológico aplicado***. Piracicaba: FEALQ, p.67-120, 1997.

VISNUPRIYA, M.; MUTHUKRISHNAN, N. Impact of natural toxin spinetoram 12 SC w/v (11.7 w/w) against *Trichogramma chilonis* Ishii and *Chrysoperla zastrow sillemi* (Esben – Petersen) under laboratory conditions. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.2224-2230, 2016.

WANG, Y.; YU, R.; ZHAO, X.; CHEN, L.; WU, C.; CANG, T.; WANG, Q. Susceptibility of adult *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides with different modes of action. **Crop Protection**, v. 34, p.76-82, 2012.

WING, K.D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects. **Crop Protection**, v.19, p.537-545, 2000.

YOUSSEF, A.I.; NASR, F.N.; STEFANOS, S.S.; ELKHAIR, S.S.A.; SHEHATA, W.A.; AGAMY, E.; HERZ, A.; HASSAN, S.A. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, p.593-599, 2004.

ZALUCKI, M.P.; ADAMSON, D.; FURLONG M.J. The future of IPM: whither or wither?. **Australian Journal of Entomology**, v.48, p.85-89, 2009.

ZUCCHI, F.L.; KITAJIMA, E.W.; PARRA, J.R.P. Ultrastructure of the natural and factitious host eggs of *Trichogramma galloi* Zucchi and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **International Journal of Insect Morphology and Embryology**, v.28, p.211-231, 1999.

ZUCCHI, R.A.; QUERINO, R.B.; MONTEIRO, R.C. Diversity and hosts of *Trichogramma* in the New World, with emphasis in South America. In: C nsoli FL, Parra JRP, Zucchi RA (Eds.) **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. Springer, New York, p. 219-236, 2010.